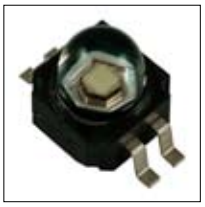
Verzeichnis
Technische Informationen

Absicherung von EVGs	444–445
Allgemeine Informatione zu EU-Richtlinien	458
Anschlusskabel	452
Begriffe – Größen, Einheiten und ihre Bedeutung	466–468
Beleuchtungsplanung EN 12464-1	469–472
Beleuchtungsplanung – Licht und Gesundheit	479
Beleuchtungsplanung – Hinweise zu Planungen	473–476
Beleuchtungsplanung – Lichttechnische Information	481
Beleuchtungsplanung – Tipps für Planung	477–478
Beleuchtungsplanung – VBE- und AQ-index	480
Energierichtlinie DIN V 18599	461–462
Energierichtlinie EN 15193	463–465
EVG	438–440
Index	483
Kalte Räume	441
LED Vorschaltgeräte	437
LED-Technik	434–436
Leuchtdichteklassifizierung	482
Lichtregelung – 1–10V	416–417
Lichtregelung – DALI	406–409
Lichtregelung – DMX	432–433
Lichtregelung – DSI	410–411
Lichtregelung – e-Sense	418–428
Lichtregelung – Mikrowellensensor	429
Lichtregelung – RGB-Steuerung für LEDs	431
Lichtregelung – switchDIM/TouchDIM	412–415
Lichtregelung – Zusatznummer	430
Material	447–450
Montage und Fehlersuche/-behebung	454–455
Produktsicherheit	446
Raster und Reflektoren	451
Richtlinie zu umweltschädlichen Substanzen	459–460
Schnellverbindersystem	453
Symbolerklärung	456–457
System- und Leuchtmittelleistungen, W	442–443

Absicherung von EVGs S. 444–445

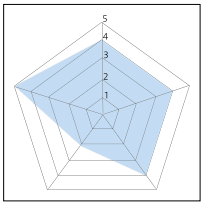
Beleuchtungsplanung – Licht und Gesundheit S. 479



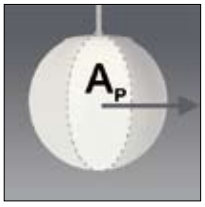
LED S. 434–437

Produktsicherheit S. 446

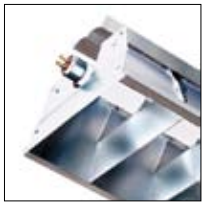
EU-Richtlinien S. 458



Beleuchtungsplanung VBE- und AQ-index S. 480



Leuchtdichte-klassifizierung S. 482



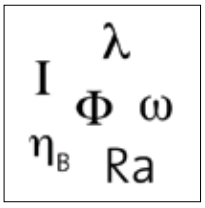
Raster und Reflektoren S. 451

Anschlusskabel S. 452

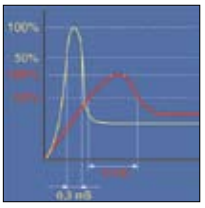
Energierichtlinien S. 461–464

Lichtregelung S. 404–433

Richtlinie zu umweltschäd-lichen SubstanzenS. 459–460



Begriffe – Größen, Einheiten etc. S. 466–468



EVG S. 438–440

Lichtregelung – e-Sense S. 418–428

Schnellverbindersystem S. 453

Beleuchtungsplanung EN 12464-1 S. 469–472

Index S. 483

Material S. 447–450

Symbolerklärung Legende S. 456–457

Beleuchtungsplanung Berechnung S. 473–476

Kalte Räume S. 441

Montage und Fehlersuche/-behebung S. 454–455

Mit modernen Lichtregelungssystemen lassen sich sowohl Beleuchtungsqualität als auch Komfort verbessern. Mit einer modernen Leuchte mit Lichtregelung hat man immer das richtige Licht am richtigen Platz und in der richtigen Menge. In Kombination mit einem Lichtsensor kann auch das einfallende Tageslicht energiesparend mit genutzt werden. In vielen Räumen verändert sich der Beleuchtungsbedarf innerhalb von 24 Stunden mehrere Male. Deshalb stellt die Lichtregelung einen wichtigen Faktor bei z. B. Konferenzräumen und Restaurants dar. Eine Beleuchtungsanlage mit vorprogrammierten Lichtniveaus, Beleuchtungsszenarien, verbunden mit einer Fernbedienung bietet die Voraussetzungen für die optimale Nutzung derartiger Räume.

Tageslichtregelung

Eine ganze Reihe der Leuchten von Fagerhult lässt sich mit Lichtsensoren ausrüsten. Mittels eines Sensors wird das Niveau des künstlichen Lichts unter Berücksichtigung des einfallenden Tageslichts eingeregelt. Bei zunehmendem Tageslicht wird die künstliche Beleuchtung energiesparend abgesenkt. Die Sensorenfunktion kann von Hersteller zu Hersteller variieren. Modernere Sensorenmodelle haben auch noch weitere Funktionen wie z. B. Bewegungsmelder und IR-Empfänger.

Anwesenheitsmelder

Anwesenheitsmelder PIR (Passive Infra Red) erfassen an Hand von menschlicher Wärmestrahlung Bewegungen in ihrem Erfassungsbereich. Infolgedessen wird der überwachte Bereich nur dann beleuchtet, wenn sich jemand darin befindet. Sensoren für Anwesenheitserkennung gibt es auch in Kombination mit anderen Funktionen wie z. B. Konstantlichtregelung und IR-Emfänger. Heutzutage gibt es auch Leuchten mit integrierten Mikrowellensensoren, die Bewegungen mithilfe von Radartechnik registrieren. Mikrowellensensoren lassen sich so in die Leuchte integrieren, dass sie sich nicht auf deren IP-Schutzart auswirken.

Beleuchtungsszenarien

Mit Lichtregelungssystemen hat man zudem die Möglichkeit zur Speicherung vorgewählter Beleuchtungsszenarien. Derartige Szenarien lassen sich auf einzelne Leuchtengruppen aufteilen oder gelten für das gesamte System. Passende Beleuchtungsszenarien werden über Wandtableaus oder per Fernbedienung abgerufen, wobei das System automatisch das vorgewählte Beleuchtungsniveau für jede Leuchtengruppe einstellt.

Computergestützte Steuerung

Digitale Vorschaltgeräte können über einen Router gesteuert und mithilfe eines Computers programmiert werden. Mit einer entsprechenden Software kann die Beleuchtungsanlage genauso wie über Wandtableaus gesteuert werden.

Technische Einschränkungen

Für einige Lichtregelungssysteme sind separate Zentral- bzw. Mastereinheiten nötig.

Beim DALI-System dagegen ist die Logik auf die Systemkomponenten verteilt, daher ist eine separate Zentraleinheit überflüssig. Die Leuchten brauchen einen besonderen Steuerkreis, eine zweipolige Steuerleitung, mit dem ältere Beleuchtungsanlagen ggf. nachgerüstet werden müssen. Ältere Lichtregelungssysteme lassen sich mit Hilfe spezieller Schnittstellen, die z. B. analoge in digitale Signale umwandeln, in das DALI System integrieren.

i Begriffe

Lichtregelung (oder Dimmen)
Stufenlose Lichtstärkeregelung.

Lichtsteuerung
System zur Kontrolle einzelner Leuchtengruppen und/oder ganzer Systeme.

EVG für Lichtregelung
Vorschaltgerät zur Lichtregelung. Die Regelung erfolgt über einen seperaten Steuerkreis.

Digitale Lichtregelung
Steuersignale zwischen den Einheiten erfolgen in Form von digitalen Befehlen. Befehle in digitaler Form sind weniger störungsanfällig als analoge Systeme.

Analoge Steuerung
Analoges System, das meist auf 1–10 V DC zwischen Steuereinheit und Leuchte basiert. Die Systeme regeln entweder Spannung oder Widerstand im Steuerkreis. Die Länge der Steuerleitung kann das Regelungsergebnis beeinflussen.

Phasenpulskontrolle
Ein System, das auf der Steuerung des Beleuchtungsniveaus mit 230 V basiert (z. B. mit Hilfe eines Tasters oder mit einem eingebauten Zugtaster in der Leuchte). Am bekanntesten unter der Bezeichnung switchDIM. Das System muss mit 4-adriger Leitung angeschlossen werden.

DALI-adressierbare Steuerung
Die Systemeinheiten sind adressierbar, was bedeutet, dass nur diejenigen Einheiten angesprochen werden, denen der Befehl gilt.

Mehrkanalsteuerung
Eine Installation lässt sich in verschiedene Gruppen, also Kanäle, unterteilen, die unabhängig voneinander oder gemeinsam kontrolliert werden können.

Beleuchtungsszenarien
Einstellung einer Beleuchtungssituation für z.B. Besprechung oder Bildschirmarbeit, die bei Bedarf immer wieder aufgerufen werden oder ggf. verändert werden kann.

Tageslichtregelung
Das System hält die Beleuchtungsstärke in einem gewünschten Bereich (z. B. unter der Leuchte) auf einem konstanten Niveau. Das Beleuchtungsniveau für das Kunstlicht wird vom einfallenden Tageslicht beeinflusst.

Bewegungsmelder
Ein Sensor, der die Wärmestrahlung von Personen erkennt. Eine Bewegung im Überwachungsbereich des Bewegungsmelders schaltet die Leuchte ein. Der eingebaute Timer schaltet die Leuchte aus, wenn innerhalb des Überwachungsbereichs des Sensors keine Bewegungen vorkommen.

IR-Empfänger
Empfängt die Signale der IR-Fernbedienung und überträgt sie an das System. Der Empfänger kann im Wandtableau oder im Multisensor eingebaut sein.

Multisensor
Ein Sensor, der meist die Funktionen Konstantlicht, Bewegungsmelder und IR-Empfänger umfasst.

Leuchtstofflampen

Zur Regelung von Leuchtstofflampen gibt es im Allgemeinen vier Steuerprinzipien. Unter Steuerprinzip versteht man die Art der Signalübertragung, die zwischen Steuergerät und dem dimmbaren elektronischen Vorschaltgerät in der Leuchte erfolgt. Information über die gängigsten Steuerprinzipien, siehe unten.

Die Wahl des Prinzips wirkt sich nicht nur darauf aus, welche Komponenten das System umfasst, sondern auch darauf, wie weit die Beleuchtung herunter geregelt werden kann, wie die Installation ausgeführt werden soll und was das System kostet. Digitalsysteme lassen sich bei bestimmten Anwendungen gut mit einfacheren Analogsystemen kombinieren. Mehr dazu lesen Sie auf der Seite, in der DALI beschrieben wird.

LED

Die Lichtregelung von LEDs erfolgt gemäß denselben Steuerprinzipien wie die Regelung von Leuchtstofflampen. Ein weiteres gängiges LED-Steuerprinzip ist DMX. Siehe Infokasten.

Vorschaltgeräte mit Pulsweitenmodulation (PWM) sind mit unterschiedlichen Arten von Steuerprotokollen wie DALI, DSI, DMX 512 und Phasenpulskontrolle erhältlich. PWM-Einheiten sind auch als separate Einheiten erhältlich, die sich zwischen das Vorschaltgerät mit konstanter Spannung und Last schalten lassen. Nähere Informationen entnehmen Sie den LED-Seiten.

Eigenschaften	DMX	DALI	DSI	Phasenpulskontrolle	1–10 V
Adressierte Leuchtensteuerung	512	64	Nein	Nein	Nein
Gruppenadressen	Nein	16	Nein	Nein	Nein
Logarithmische Regelung	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Steuerkreis, Polarität und Abhängigkeit	Ja	Nein	Nein	-	Ja
Ausschalten über Steuerkreis	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Anzahl Leiter zur Leuchte	Separates Steuerungskabel	5	5	4	5
Steuerkreis im selben Kabel, Höchstlänge	Nein	300 m	250 m	Unbegrenzt	50 m
Mehrkanalsystem bedingt externe Zentraleinheit	Ja	nein	Ja	Einkanalig	Ja

i Eigenschaften DALI – Digital Adressable Lighting Interface

Vorzüge
- Komponenten verschiedener Hersteller können im selben System integriert werden.
- Jede Einheit des Systems ist adressiert.
- Änderungen und Ausbau leicht gemacht.
- Nur zwei Steuerleitungen für das gesamte System erforderlich.
- Steuerleitungen verpolungssicher.
- Computergestützte Steuerung über eine Schnittstelle möglich.
- Anschluss an BMS-Systeme (Lon Works, EIB) per Gateway möglich.

Hinweis!
- Das System muss vor der Inbetriebnahme programmiert werden.
- Die Programmierung ist je nach Produkthersteller unterschiedlich.
- Höchsten 64 Adressen/Systeme (zu beachten: Für die Schnittstelle zur Programmierung per Computer ist eine Adresse erforderlich).
- Größere Systeme lassen sich über Software /Server/Gateways aufbauen. Derartige Systeme nutzen oft das vorhandene Datennetzwerk (TCP/IP). WinDIM@net von Tridonic ist z. B. ein solches System.

i Eigenschaften DSI – Adressenlose Digitalstererung

Vorzüge
- Dank der digitalen Datenübertragung werden sämtliche Leuchten in gleicher Weise geregelt.
- Steuerleitungen verpolungssicher.
- Computergestützte Steuerung möglich.

Hinweis!
- Die systemseitigen Komponenten sind nicht adressierbar.
- Bei Mehrkanalsystemen muss jeder Kanal einen separaten Steuerleiter haben.
- Das System wird nur von einem Hersteller produziert.

i Eigenschaften Phasenpulskontrolle – Impulssteuerung – z. B. switchDIM

Vorzüge
- Für das System sind keine weiteren Steuereinheiten erforderlich.
- Für Standard-Taster mit Rückfederung geeignet.
- Für den Steuerkreis braucht man lediglich einen zusätzlichen Phasenleiter.

Hinweis!
- Im Schalter dürfen keine Glimmlampen sein.
- Höchstens 25 EVGs/System möglich, aber nur 1 EVG pro Taster empfehlenswert.
- Verschiedenene Fabrikate im System sind zu vermeiden.

i Eigenschaften 1–10 V – Analoge Steuerung

Vorzüge
- Leicht verständliches, bewährtes System.
- Die Steuereinheiten gibt es bei den meisten Herstellern.

Hinweis!
- Bestimmte handelsübliche analoge 1–10 V-Steuerungen eignen sich nicht zur Steuerung von Vorschaltgeräten für 1–10 V DC gemäß EN 60929.
- Die Länge der Steuerleiter kann das Regelungsergebnis beeinflussen.
- 1–10 V Systeme lassen sich lediglich von einem Punkt (einer Steuereinheit) aus steuern.

i Eigenschaften DMX 512 – Digitale Steuerung

Vorzüge
- Bekanntes System mit vielen Regelungsmöglichkeiten, Lichtpulten, Software usw.
- Wird gern für die RGB-Steuerung von LEDs verwendet.

Hinweis!
- Spezielle Anforderungen an Steuerungskabel und Installation (siehe S. 432-433).

DALI (Digital Adressable Lighting Interface) ist ein standardisiertes digitales Protokoll für dimmbare EVGs. Hinter DALI stehen führende europäische EVG-Hersteller (Helvar, Osram, Philips und Tridonic). In letzter Zeit haben sich mehrere andere Beleuchtungsfirmen nachträglich DALI angeschlossen.

Bei DALI wird eine einfache Starkstrom-Leitung verwendet, durch das ein digitales bidirektionales Signal zwischen allen Einheiten im System übertragen wird. Die „Intelligenz" ist im System dezentral verteilt das garantiert mehr Sicherheit und Zuverlässigkeit, weil das System von keiner Zentraleinheit abhängig ist.

Das System ist flexibel und zukunftssicher, weil für eine veränderte Raumgestaltung oder eine andere Nutzung lediglich eine Umprogrammierung der Einstellungen erforderlich ist. An der Verdrahtung braucht nichts verändert zu werden.

Bei DALI werden die Daten zwischen den Komponenten über ein Digitalsignal übertragen. Durch die Digitaltechnik werden alle relevanten Leuchten völlig identisch geregelt, ungeachtet des Abstands zwischen Steuereinheit und Leuchte. EVGs für DALI sind an die Empfindlichkeit des Auges für Veränderungen des Lichtniveaus angepasst (logarithmische Kompensation).

Neben dem Phasen-, Null- und Schutzleiter werden an die Leuchte auch zwei Steuerleitungen für das Digitalsignal angeschlossen. Diese Leitungen sind verpolungssicher.

Bei Einhaltung der Installationsanweisung ist das digitale Steuersignal nicht störanfällig. Die Beleuchtung wird mit Hilfe eines Digitalkommandos per Steuerleitung ein- und ausgeschaltet. Die Netzspannung wird direkt an die Leuchte angeschlossen.

Kombination von DALI mit anderen Steuerungssystemen

DALI lässt sich ausgezeichnet mit anderen Steuerungssystemem kombinieren, z. B. dem analogen System 1–10 V. Falls kein Bedarf zur Steuerung oder Überwachung einzelner Leuchten besteht oder wenn eine Reihe von Leuchten in gleicher Weise gesteuert werden sollen, kommt z. B. eine Schnittstelle DALI für 1–10 V in Frage. In diesem Falle werden die Leuchten mit EVG für eine analoge Lichtregelung versehen und an eine Schnittstelle DALI für 1–10 V angeschlossen.

Mit dieser Lösung können die Leuchten zentral gesteuert werden, z. B. über DALI-Paneele. Diese Lösung ist wirtschaftlicher und erlaubt außerdem weitaus mehr gesteuerte Leuchten im Rahmen einer DALI-Anlage, da jede DALI-Adresse mehrere Leuchteneinheiten steuert. Die gleiche Lösung ist auch mit Leuchten mit EVG zur Lichtregelung über DSI möglich, jedoch ist eine zusätzliche Schnittstelle DALI an DSI erforderlich.

i Eigenschaften DALI-Technik

Vorzüge

- Adressierbarkeit. Möglichkeit zur individuellen Kontrolle mehrerer EVGs/Leuchten im selben System. Maximal 64 Adressen.
- Beleuchtungsszenarien und Gruppierung. Möglichkeit zur Vorprogrammierung verschiedener Lichtszenarien. Jedes System kann für bis zu 16 Leuchtengruppen konfiguriert werden, und in jeder Gruppe können 16 verschiedene Lichtszenarien programmiert werden.
- Ein- und Ausschalten der Leuchten erfolgen über den digitalen Bus.
- Die Steuerleitungen für die Digitalsignale sind verpolungssicher.
- Das digitale Steuersignal reagiert nicht auf Störungen, die von anderen Leitern übertragen werden. Die Steuerleitung kann ohne Beeinträchtigung zusammen mit den Leitern für die Netzspannung verlegt werden (dabei ist jedoch zu beachten, dass auch Steuerleitungen Starkstrom aufweisen).
- Zweiwegkommunikation ist möglich. Status- und ggf. Fehleranzeigen von Systemkomponenten lassen sich per Software abrufen.
- Das Steuersignal wird identisch an sämtliche Leuchten übertragen, wobei die Länge der Steuerleitung keine Rolle spielt.
- Die Digitaltechnik eignet sich auch zur computergestützten Steuerung des Systems.
- DALI kann auch in Anlagen mit zentraler Gebäudesteuerung (z. B. LonWorks) integriert werden.
- Multiple DALI-Systeme sind heute über Router mit Ethernet-Anschluss steuerbar.

Hinweis!

- Nach der Installation muss das System programmiert werden. Dies erfolgt über Schaltableaus, Fernbedienung oder per Computer. Für größere Anlagen empfehlen wir die Nutzung eines Computers mit entsprechender Software.
- Bei DALI muss der Steuerkreis stromversorgt werden. Die Stromzufuhr darf höchstens 250 mA betragen und erfolgt über den Anschluss einer externen DALI-Stromquelle. Zu hohe Stromzufuhr führt zu Kommunikationsstörungen oder Beschädigung der Komponenten. Daher ist es wichtig, dass DALI-Systeme richtig geplant und dimensioniert werden.
- Die maximale Leitungslänge des Steuerkreises beträgt 300 m.
- Die Eigenschaften der Einheiten verschiedener Hersteller weichen leicht voneinander ab.

Ein Klassenzimmer ist heute Arbeitsplatz für Lehrer und Schüler. Gutes Licht ist eine wichtige Voraussetzung für die unterschiedlichen Arbeiten, z. B. ist ein Overhead-Projektor ein ganz normales Arbeitsgerät. Dank der technischen Entwicklung verfügen wir mittlerweile über eine Kombinationen aus guter Beleuchtung bei größtmöglicher Energieeinsparung. Das Licht soll den Unterricht mit der richtigen Verteilung und Stärke erleichtern.

Vorteile:

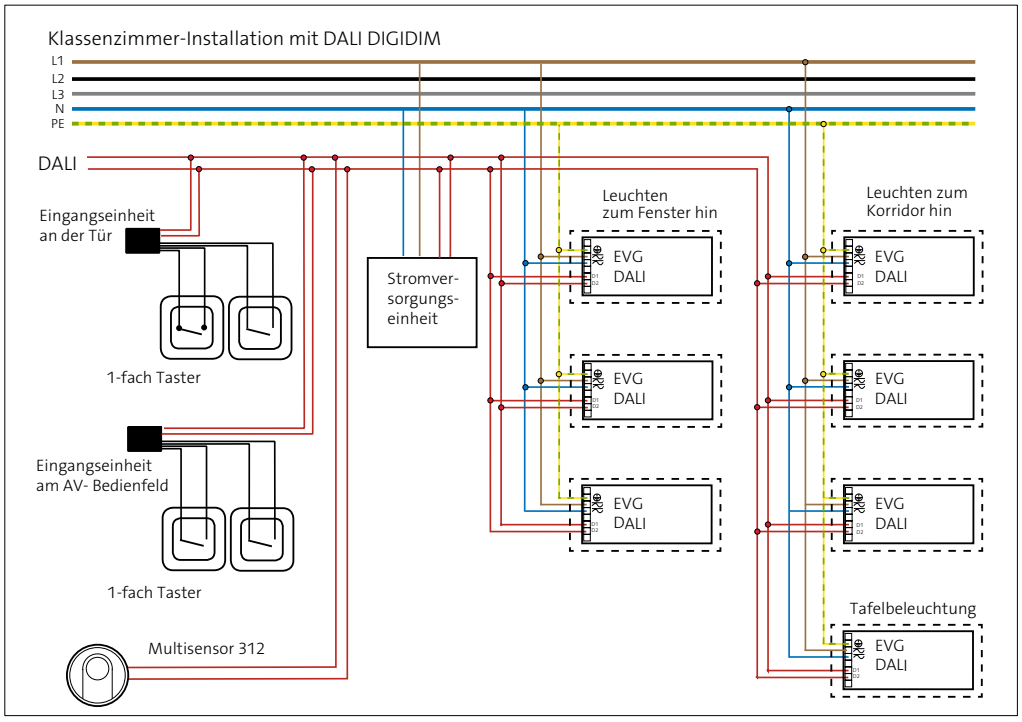
- Automatische Ein-/Ausschaltung oder nur Ausschaltung.
- Individuelle Steuerung und Regelung der Decken- und Tafelbeleuchtung.
- Tageslichtregelung.
- Regelung an der Tür und am AV-Bedienfeld.
- Regelung in Standarddruckschalter integriert.
- Lichtgestaltungen.
- PC-Programmierung.

Vorschläge für die Installation zur Regelung im Klassenzimmer

Mit einer programmierbaren Regelung im Klassenzimmer können genaue Steuerfunktionen angelegt werden, die direkt mit den Vorstellungen der Anwender übereinstimmen. Höchst- und Mindestwerte lassen sich ändern, und die Leuchten können völlig individuell programmiert werden. Ein- und Ausschaltfunktionen können geändert und an die Funktion des Raums angepasst werden.

Die Programmierung macht den vorübergehenden Anschluss eines Rechners mit einem Programm auf Windows-Basis erforderlich. Es besteht die Möglichkeit, programmierte Funktionen von einem Klassenzimmer in ein anderes zu übertragen, so dass alle Funktionen gleich sind und der Zeitaufwand für die Programmierung erheblich verringert wird. Weitere Vorteile sind durch den Anschluss an Heizung und Belüftung mit Reglung durch Anwesenheit zu erzielen. Siehe nachstehenden Schaltplan.

Produkt	
DTI 2×35 W mit DALI-EVG	**28824-368**
Multisensor 312	**86122**
Eingangseinheit für Taster	**86148**
Stromversorgung 402	**86123**



Installation in einem Klassenzimmer mit DALI DIGIDIM. Die Programmierung erfolgt mit einem PC-Programm. Separate Stromversorgung. Die verschiedenen Regelfunktionen werden parallel an DALI angeschlossen. Alle Leuchten abgesehen von der Tafelbeleuchtung werden gemeinsam über den Tageslichtsensor geregelt. Die Einschaltung erfolgt manuell. Die gesamte Beleuchtung wird gemeinsam ausgeschaltet. Die Größe des Klassenzimmers ist entscheidend dafür, ob ein Multisensor für die Anwesenheitserkennung ausreicht oder ob die Anlage weitere Einheiten benötigt. Die Decken- und Tafelbeleuchtung lässt sich individuell über Eingangseinheiten regeln, die an Impulsschalter an der Tür und am AV-Bedienfeld angeschlossen sind.

Komponenten von Helvar

Steuermodule		
Bezeichnung	Funktion	
DIGIDIM 126200	Schaltmodul mit 8 Schaltern	**86143**
DIGIDIM 125200	Schaltmodul mit 7 Schaltern	**86137**
DIGIDIM 100200	Schaltmodul mit Drehschalter	**86144**
DIGIDIM 111200	Schaltmodul mit 2 Schiebereglern	**86145**
DIGIDIM SE6040	Halterung, Kennzeichnung für DIGIDIM-Module Doppelrahmen	**86166**
DIGIDIM SE6050	Halterung, Kennzeichnung für DIGIDIM-Module Einzelrahmen	**86165**
Phasenregler		
DIGIDIM 452	Phasenan- oder Phasenabschnittsregler, max. 1000 W	**86146**
Sensor		
DIGIDIM 312	Multisensor für Konstantlicht, mit Bewegungsmelder und IR-Empfänger. Für Einbaumontage Ø 55 mm.	**86122**
DIGIDIM 313	PIR-Sensor zur Wandmontage 313 (16×21 m alt 7,5×10 m)	**86199**
DIGIDIM 313K	PIR-Sensor zur Wandmontage 313K (korridor 30×4 m)	**86197**
Stromversorgungseinheit für DIN-Schiene		
DIGIDIM 402	Max. 250 mA an den Steuerkreis	**86123**
Fernbedienung		
DIGIDIM 303	IR-Fernbedienung	**86121**
Relais & Eingangseinheit		
DIGIDIM 494	Max. 10 A ohmscher Last oder 6 A induktive Last	**86147**
DIGIDIM 444	Eingangseinheit für beliebigen Taster oder andere Steuerung.	**86148**
DIGIDIM 491	1-Kanal-Relaiseinheit 331026A	**86194**
DIGIDIM 498	8-Kanal-Relaiseinheit/DIN-Schiene	**86177**
DIGIDIM 490	Motorsteuerungseinheit für Filmleinwände/Verdunklungsrollos	**86270**
Gateways		
DIGIDIM 472	Konvertierung von DALI in 1–10 V DC für DIN-Schiene	**86136**
DIGIDIM 430	Zum Anschluss von DALI-Systemen an LonWorks	**86149**
Schnittstelle		
DIGIDIM 505	Serielle Schnittstelle für PC. In Kombination mit der Software Helvar Toolbox	**86124**
DIGIDIM 503	PC interface für AV-Anschluss.	**86269**

Hinweis: Es ist nicht möglich, in einem DALI-System Steuerkomponenten verschiedener Hersteller miteinander zu kombinieren.

Komponenten von Fagerhult

Steuertableaus		
Bezeichnung	Funktion	
DALI Membranbedienfeld	Programmierbar DALI-Bedienfeld mit Membrantasten	**18595**

Komponenten von Tridonic

Steuermodule		
Bezeichnung	Funktionsbeschreibung	
DALI GC	Zweikanaliges Steuermodul für zwei Gruppen zur Montage in UP-Dosen hinter dem eingebauten Taster. Für alle handelsüblichen Taster aus dem jeweiligen Schalterprogramm.	**86125**
DALI SC	Steuermodul für vier Lichtszenen zur Montage in UP-Dosen hinter dem eingebauten Taster. Für alle handelsüblichen Taster aus dem jeweiligen Schalterprogramm.	**86126**
Stromversorgungseinheit		
DALI PS1	200 mA an den Steuerkreis	**86127**
DALI-Sequenzmodul		
DALI SQM	Zur automatischen Sequenzsteuerung von DALI-Einheiten, z. B. LED mit RGB-Farben.	**86214**
Schnittstelle		
DALI SCI	Serielle Schnittstelle für PC. In Kombination mit der Software Tridonic WinDIM.	**86129**
DALI USB	Schnittstelle für Tridonic Software winDIM und Config-Tool. Anschluss mit USB zum PC. Ersetzt DALI SCI außer bei Verwendung der Funktion Light over time.	**86182**

Hinweis: Es ist nicht möglich, in einem DALI-System Steuerkomponenten verschiedener Hersteller miteinander zu kombinieren.

Komponenten von Osram

Drehpotentiometer		
Bezeichnung	Funktion	
Drehpotentiometer DALI MCU	Drehpotentiometer mit integrierter Stromzufuhr für 25 DALI-Einheiten.	**86212**
Repeater		
DALI-repeater	DALI-Repeater Eine DALI-Adresse steuert 64 DALI-EVGs gleichzeitig	**82678**

Hinweis: Es ist nicht möglich, in einem DALI-System Steuerkomponenten verschiedener Hersteller miteinander zu kombinieren.

i Eigenschaften DALI-Komponenten

DALI Membranbedienfeld
Fagerhult hat ein Tasten-Bedienfeld entworfen und entwickelt, das einzigartige Funktionen und Möglichkeiten bietet. Ausgangspunkt bei der Entwicklung war die Erfüllung der Anforderungen von Krankenhäusern sowie die leichte Lesbarkeit der Tastenaufschrift.

DIGIDIM Steuertableaus
Steuertableaus zur Montage in Standard-Unterputzdose Front aus weißem Thermoplast. Die Funktionen der Tast- bzw. Schiebeschalter kann für die Steuerung einer separaten Leuchte, einer Leuchtengruppe, eines ganzen DALI-Systems oder zum Abruf eines voreingestellten Beleuchtungsszenarios programmiert werden.

DIGIDIM Rahmen
Ermöglicht bei der Verwendung von DIGIDIM-Bedientableaus und Schiebereglern eine einfache Art zur Erzeugung von Informationstexten. Für Einzel- und Doppelrahmen erhältlich. Das Textfeld ist für normales Papier vorgesehen, das am Platz unter der Halterung zu befestigen ist. Der Rahmen wird für den Außenrahmen des Bedientableaus angebracht.

DIGIDIM 452
Digitaler einkanaliger Dimmer für Glüh- und Halogenlampen. Phasenan- oder Phasenabschnittsreglierung kann über einen Schalter ausgewählt werden.

DIGIDIM 312 Multisensor
Multisensor mit den (wählbaren) Funktionen Dauerlicht, Bewegungsmelder und Empfänger für Fernbedienung (IR). Für die Einbaumontage. Lochdurchmesser 55 mm.

DIGIDIM 313, 313K
Sensoren zur Wandmontage zur Verwendung z. B. in Lehrsälen und Korridoren. 313K besitzt im Gegensatz zu 313 einen langen, schmalen Erfassungsbereich, speziell für Korridore. Die Programmierung mit der Software DIGIDIM Toolbox erfolgt auf dieselbe Weise wie für Sensor 312.

DIGIDIM 444 Eingangseinheit
Eingangseinheit, die den Anschluss von Tastern beliebiger Hersteller oder anderer externer Anschlüsse an ein DALI-System ermöglicht.

DIGIDIM 402 Stromversorgung
Stromquelle für DALI zur Montage an DIN-Schiene. 250 mA.

DIGIDIM Relaiseinheit 494
Relaiseinheit zur DIN-Montage. 4 einzelne potenzialfreie Relais à 10 A. Das Gerät arbeitet mit vier DALI-Adressen.

DIGIDIM Relaiseinheit 491
Relaiseinheit mit Kunststoffgehäuse zum Einbau z. B. in Leuchten. Relaisausgang 230 V, Höchstbelastung 3 EVGs. Das Gerät arbeitet mit einer DALI-Adresse.

DIGIDIM Relaiseinheit 498
Relaiseinheit zur DIN-Montage. 8 einzelne potenzialfreie Relais à 10 A. Das Gerät arbeitet mit acht DALI-Adressen. Die Relais lassen sich von der Frontseite des Gerätes steuern, und es besteht die Möglichkeit zur externen „Override"-Steuerung.

DIGIDIM Relaiseinheit 490
Relaiseinheit zur DIN-Montage. Zur Steuerung von Verdunkelungen oder z. B. Filmleinwänden. 4 potenzialfreie Relais in zwei Gruppen für eine Motorleistung von max. 550 W. Die Relais in einer Gruppe sind miteinander verriegelt, sodass sie nicht gleichzeitig angezogen sein können. Beide Relais werden nach einer zuvor eingestellten Zeit geöffnet.

DIGIDIM AV-Schnittstelle 503
Zur DIN-Montage mit Schraubanschlüssen. Digitale Verbindung zwischen DALI-System und AV-Ausrüstung über rs232-Befehlsstruktur. Fertige Befehle zur Kommunikation in beide Richtungen sind vorhanden. Das Gerät wird vom DALI-System betrieben.

DIGIDIM 303 IR-Fernbedienung
Für Lichtszenarien oder Auf- und Abdimmen. Bietet sich auch als Programmierungseinheit bei Installationen an, bei denen die Leuchten mit Helvar DIGIDIM-System ausgestattet sind.

Voraussetzung: symstemseitiges Helvar Wandtableau oder Multisensor mit IR-Empfänger.

DALI-Sequenzmodul SQM
Zur automatischen Sequenzsteuerung von DALI-Einheiten, z. B. LED mit RGB-Farben. Die Einheit wechselt zwischen Beleuchtungsszenarien, die sich vorher mit der DALI-Software DIGIDIM Toolbox bzw. WinDIM programmieren lassen. Die Sequenzen lassen sich über externe Geräte wie eine Schaltuhr starten/anhalten.

DALI SC
Steuermodul für vier Lichtszenen zur Montage in UP-Dosen hinter dem eingebauten Taster.

DALI GC
Zweikanaliges Steuermodul für zwei Gruppen zur Montage in UP-Dosen hinter dem eingebauten Taster.

DALI PS1
Kompakte, gekapselte Stromquelle für DALI, geeignet für z. B. Deckenmontage. 200 mA.

Drehpotentiometer DALI MCU
Drehdimmer mit integrierter Stromzufuhr für 25 DALI-Einheiten. Zum Anschluss an 230 V und DALI. Zur Stromversorgung von maximal 50 DALI-Einheiten lassen sich zwei MCU miteinander verbinden. Zur Steuerung von noch mehr Plätzen lassen sich vier Potentiometer parallel schalten. Das Potentiometer MCU darf nicht zusammen mit anderen DALI-Steuereinheiten verwendet werden.

DALI-Repeater
Zur Montage in Gehäusen oder z. B. Leuchten. Das Gerät arbeitet mit einer DALI-Adresse zur Steuerung von 64 neuen DALI-Anschlüssen. Es lassen sich keine individuellen Adressen verwenden. Integrierte Stromversorgung für die neuen Belastungen.

Technische Änderungen vorbehalten.

DALI Router 910

Zum schnellen Miteinanderverbinden von DALI-Netzwerken bedient sich das neue Routersystem für DALI der Ethernet-Kommunikation. Mithilfe der Module wird ein vollständiges System erzeugt, das den Bedarf einzelner Büroräume bis hin zu großen Bürogebäuden abdeckt. Die Grundfunktionen sind ohne vorherige Programmierung eingegeben und betriebsbereit. Erweiterte Funktionen lassen sich mit der Windows-basierten Software Designer erzielen. Jeder einzelne Router lässt sich über zwei DALI-Schleifen mit jeweils bis zu 64 Steuereinheiten und Belastungsschnittstellen regeln. Bei der Anlage lassen sich auch Energiesparfunktionen wie Anwesenheitserkennung und Konstantlicht einprogrammieren. Zusätzliche Automatikfunktionen sind mit geplanten Ereignissen möglich. Die OPC-Serversoftware aktiviert die Schnittstelle zum Verwaltungssystem im Gebäude.

Äußerst zuverlässig

Sämtliche Daten werden direkt im System gespeichert, um bei täglicher Verwendung den Bedarf einer PC-Steuerung zu umgehen. Durch Nichtverwendung einer zentralen Steueranordnung kann kein einzelnes Produkt einen Systemausfall verursachen. Bei Bedarf lässt sich zu Diagnosezwecken ein PC an das System anschließen.

Vorteile

- Für die tägliche Verwendung ist kein PC erforderlich.
- Volle Flexibilität.
- Standardprotokolle.
- Einfacher Systemaufbau.

Systemgrundlagen

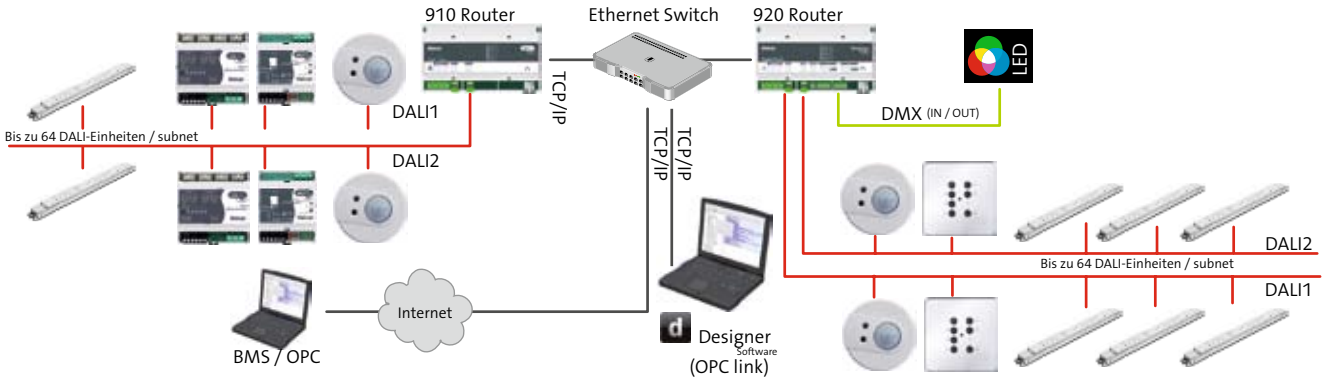
Der Router ist die zentrale Einheit des Systems. Er ermöglicht ein einfaches Anschließen verschiedenster DALI- und DIGIDIM-Produkte. Das DIGIDIM-System wird mit der Designer-Software von Helvar programmiert, die über einen lokalen oder einen ferngesteuerten, Windows-basierten Rechner läuft. Nach der Programmierung kann die Verbindung zum Rechner getrennt werden, da diese für die normale tägliche Verwendung nicht erforderlich ist. Jedoch besteht auch die Möglichkeit, dass über den Rechner Überwachung und Systemstatusmeldungen erfolgen. Sämtliche Daten werden im Flash-Speicher der DIGIDIM-Router gespeichert, wodurch ein Bedarf an umfangreichen Datenbanken umgangen und die Sicherungsspeicherung per PC ermöglicht wird.

Netzwerke mit mehreren Routern

In einem Netzwerk mit Standard-Ethernet-Anschlüssen lässt sich eine große Anzahl von Routern miteinander verbinden. Dadurch lässt es sich zu Programmierungs- und Überwachungszwecken einsetzen. Der Umfang eines solchen Systems wird als Arbeitsgruppe definiert. Eine Arbeitsgruppe ist eine Ansammlung von Routern, die über eine Ethernet-Verbindung angeschlossen sind.

DALI Router		
Bezeichnung	Funktion	
DALI-Router 910	Ethernet-Router für DALI	**86195**
DALI-Router 920	Router 920 2×64 Adressen und DMX	**86178**
DIGIDIM 942	Eingangseinheit (für 900 und 910)	**86196**

Zubehör DALI Router		
Bezeichnung	Funktion	
SE6060	LAN Switch 5 port DIN	**86215**
SE6070	LAN Switch 8 port DIN	**86216**
SE6095	LAN kurzes Kabel 1,0 m	**86218**



i Eigenschaften DALI-Router

Kenndaten

- Ein DIGIDIM-Router eignet sich für bis zu 128 DALI-Einheiten.
- An jedes DALI-Netzwerk können bis zu 64 DALI-Einheiten mit einer Höchstlänge von 300 Metern angeschlossen werden.
- Integrierte DALI-Stromzufuhr (250 mA) für jedes DALI-Netzwerk.
- 10/100 Mbit/s Ethernet-Verbindung mit Internetprotokoll (TCP/IP).
- 16 000 Gruppen in Software Designer.
- Jeder Router kann bis zu 256 Gruppen nutzen. DALI-Einheiten arbeiten in Gruppen zusammen.
- Es können bis zu 64 PCs mit der Software Helvar Designer gleichzeitig angeschlossen werden.

Funktionen

- Manuelle Steuerung (das Licht lässt sich immer manuell regeln).
- Tageslichtregelung (orientiert sich am Tageslichteinfall. Mit Open Loop und Closed Loop).
- Anwesenheitserkennung (über Multisensoren oder externe Einheiten).
- Lampenstatus (jede DALI-Einheit kann Informationen liefern).
- Log für die Lebensdauer von Leuchtmitteln (mögliche Registrierung des Verbrauchs einzelner Leuchtmittel).
- Automatische Aktualisierung beim EVG-Wechsel (Informationen des alten EVG werden aufs neue übertragen).
- Zeitfunktionen (automatisches Ein-/Ausschalten bzw. Funktionsänderung nach Zeiteinstellung).
- Kalenderfunktionen (Programmierung von Ereignissen für bestimmte Wochentage).
- Automatische Sequenzsteuerung (z. B. Tageslichtsimulierung).
- Blockierungsfunktion für Korridorbeleuchtung (Korridorlicht immer an bei Anwesenheit im Büro).
- Logikfunktionen (AND & NAND ähnliche Funktionen).
- Automatische Steuerung von Notlichteinheiten (folgt dem DALI-Standard für Notlichteinheitsteuerung).
- OPC-Funktionen (Steuerung zwischen Gebäudeanlage und Servern).
- Multiple Offset-Steuerungen (Konstantlichtregelung liefert höheres Lichtniveau bei größerer Entfernung zum Fenster).

EVGs für DSI-Steuerung werden nur von Tridonic hergestellt. Im DSI-System werden die Steuerdaten über ein adressenloses Digitalsignal an das EVG übertragen. Sämtliche an das System angeschlossenen Leuchten werden identisch geregelt, unabhängig vom Abstand (innerhalb der Systemgrenzen) zwischen Steuereinheit und Leuchte. Die Digitalsteuerung bietet auch die Möglichkeit zur Regelung von Leuchtmitteln unterschiedlicher Leistungen, weil die Dimmkurve auf die Empfindlichkeit des menschlichen Auges abgestimmt ist.

Neben dem Phasen-, Null- und Schutzleiter werden an die Leuchte auch zwei Steuerleitungen angeschlossen. Die digitale Bus-Leitung ist verpolungssicher, was die Installation erheblich vereinfacht. An dasselbe Steuergerät angeschlossene Leitungen für Steuer- und Netzspannung können auf einer Länge von bis zu 250 m im selben Rohr/Kabel liegen, wenn die Isolationsbestimmungen eingehalten werden.

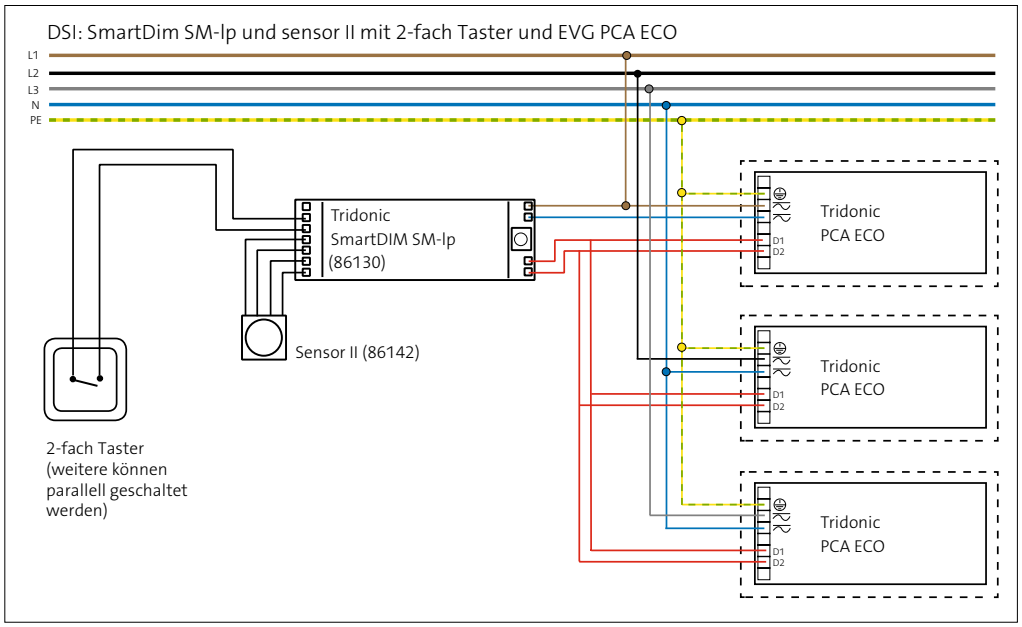
Die Beleuchtung wird mittels eines digitalen Steuerbefehls ein- und ausgeschaltet, daher kann die Netzspannungsleitung direkt an die Leuchte angeschlossen werden. Das niedrigste Beleuchtungsniveau liegt je nach Leuchtmitteltyp bei 1 %, 3 % oder 10 %.

DSI-Vorschaltgeräte

Tridonic stellt zwei Serien dimmbarer Vorschaltgeräte her, Excel und Eco. Modell Excel hat neben den Eigenschaften des Modells Eco auch noch die Fähigkeit, DALI-Befehle umzusetzen, Speicher zur Überbrückung von Spannungsausfällen, die Möglichkeit zur Einprogrammierung von Parametern und zur Absetzung von Fehlermeldungen. Einige Versionen von Eco und Excel-Geräten besitzen sogar eine sog. Korridorfunktion, die sich an einen beliebigen PIR- oder Bewegungsmelder anschließen lässt.

Hinweis!

DSI-Geräte sind nicht adressierbar.



Mit Tridonic smartDIM SM-lp kann ein größeres System für die Tageslichtregelung mit manueller Einstellung und Anwesenheitserkennung angelegt werden. Die manuelle Regelung erfolgt über 1-fach oder 2-fach Taster. Verschiedene Funktionen für die Anwesenheitserkennung und automatische Einschaltung können mit DIP-Schaltern an der Steuereinheit gewählt werden. Mehrere Sensoren können parallel geschaltet werden, aber nur einer darf für die Tageslichtregelung verwendet werden. Max. 25 EVGs können an eine Regelung angeschlossen werden. Die Leuchten können an unterschiedliche Phasen aufgeteilt sein.

Steuergeräte

Komponente	Kanäle	Leuchte	Abmessungen	
modularDIM Basic	3	3×100 St.	90×71×59 mm	**86131**
DSI-V/T	1	50 St.	190×30×28 mm	**86109**
smartDIM SM-lp	1	25 St.	190×30×21 mm	**86130**
DSI-AD	1	50 St.	190×30×28 mm	**86134**
DSI-Smart Multisensor	1	4 St.	∅ 60 mm, H 47 mm	**86133**
DSI-ADS	1	100 St.	Für DIN-Schiene	**86135**

Regelbare Transformatoren

Komponente	Leistung	Ausgang	Abmessungen	
TE-DC	300 VA	11,9 V	254×147×59 mm	**86156**

Phasenan- bzw. Phasenabschnittsdimmer

Komponente	(Leistung) VA	Anschluss	Abmessungen	
PHD	30–300	für Standard-Trafo	220×40×31 mm	**86157**
PD-TD	30–1000	für Standard-Trafo	140×90×59 mm	**86138**
PAD-TD	30–1000	für elektronische Trafos	140×90×59 mm	**86139**

Konstantlichtregelung

Komponente	Anschluss	Abmessungen	
Smart-LS II	PCA-Eco/Excel	∅ 18 mm, H 16,1 mm	**86158**
modularDIM DM	modularDIM Basic	17×90×58 mm	**86140**
Daylight Sensor	modularDIM DM	∅ 52 mm	**86163**

Beleuchtungsszenarien

Komponente	Anschluss	Abmessungen	
modularDIM SC	modularDIM Basic	71×90×59 mm	**86141**

Sensoren

Komponente	Anschluss	Abmessungen	
smartDIM sensor 1	smartDIM SM	30×30×25,2 mm	**86159**
smartDIM sensor 2	smartDIM SM	∅ 60 mm, H 23,2 mm	**86142**

modularDIM Basic

smartDIM SM-lp

smartDIM sensor 2

Daylight Sensor

DSI-AD

SMART LS II

i Eigenschaften DSI – Komponenten

modularDIM
3-kanalige Steuereinheit zur Montage an DIN-Schiene. Steuerung aller Kanäle gemeinsam oder eines jeden Kanals separat mit Drucktasten oder Bewegungsmeldern. Ausbaubar mit Steuerung von 4 Beleuchtungsszenarien (modularDIM SC) oder Konstantlichtregelung (modularDIM DM und Daylight Sensor).

smartDIM SM-lp
Einkanalige Steuereinheit zur Montage in geschlossenen Decken oder in Leuchten. Berührungsgeschützte Anschlüsse mit Zugentlastung. Drucktastensteuerung in Kombination mit Bewegungsmelder bzw. Tageslichtsensor (Zubehör), wobei Sensor 1 für die Montage in Leuchten und Sensor 2 in Decken vorgesehen ist.

DSI-AD
Einkanalige Steuereinheit zur Montage in geschlossenen Decken oder in Leuchten. Berührungsgeschützte Anschlüsse mit Zugentlastung. Potentiometersteuerung über Potentiometer mit 1–10 V nach EN 60929.

DSI-AD/S
entspricht DSI-AD, ist jedoch zur Installation in einer Zentraleinheit vorgesehen. Mit Halterung für DIN-Schiene.

DSI-Smart
Unabhängiger Multisensor zur Steuerung von höchstens vier Leuchten. Einschl. Bewegungsmelder, Tageslichtsensor und Empfänger für IR-Fernsteuerung.

SMART LS II
Direkt an die Schnittstellen von PCA-Eco und PCA-Excel anschließbarer Tageslichtsensor zur Montage an der Leuchte. Regelung eines EVG.

Module für Kommunikation zum BMS

DSI-EIBS
Einkanaliger Gateway zur Kommunikation EIB an DSI.

DSI-LON/S
Dreikanaliger Gateway zur Kommunikation LonWorks an DSI.

Weitere Informationen finden Sie unter www.tridonicatco.de

Die Taster-Steuerung (Impulssteuerung) ist eine vereinfachte, kostengünstigere Variante der digitalen Lichtsteuerung, für die regelbare EVGs, die diese Funktion beinhalten erforderlich sind. In der Regel können diese Geräte auch über DSI, DALI oder 1–10 V DC gesteuert werden, je nach Fabrikat und Typ. Allerdings lassen sich die verschienen Schnittstellen nicht in einem System mischen.

Bei der Taster-Steuerung (Impulssteuerung) ist kein Steuergerät erforderlich, sondern das Signal an das EVG kommt direkt von einem Taster. Weitere Zusatzmodule werden nicht benötigt. Vereinfacht ausgedrückt kann man sagen, dass der Dimmer in das EVG eingebaut ist.

Für die Leuchte werden nur vier Leiter benötigt: direkte (ununterbrochene) Netzspannung, Null, Schutzerde sowie Netzspannung (Impulse) über Taster. Bei der Regelung einer Leuchte an einer herkömmlichen Anschlussdose braucht die Verdrahtung nicht geändert zu werden. Neben der Netzspannung über Schalter wird an die Leuchte auch noch die direkte Netzspannung angeschlossen, und der Schalter wird durch einenTaster ersetzt.

Die Taster-Steuerung (Impulssteuerung) bietet sich vorzugsweise dann an, wenn die Möglichkeit zur Steuerung einer Beleuchtungsanlage von mehreren Stellen in einem Raum aus gewünscht wird. Das einfache Konzept macht, nicht zuletzt durch das Fehlen von Zwischeneinheiten, die Installation leicht und preiswert.

Die Steuerung kann, je nach Fabrikat, mit u. a. Tageslichtsensoren kombiniert werden. Beim Fabrikat Tridonic z. B. kann eine Kopplung zwischen Taster-Steuerung (Impuls) und Sensor SMART LS II erfolgen. Über die Taste wird das voreingestellte Beleuchtungsniveau durch Verschieben der Reglerkurve nach oben oder unten eingestellt. Der Sensor sorgt dann dafür, dass das Beleuchtungsniveau im Bereich der neuen Werte konstant gehalten wird. Die Reglerkurve geht nach dem Aus- und dem nächsten Einschalten wieder auf den voreingestellten Wert zurück.

Als Steuertasten werden handelsübliche Taster aus dem verwendeten Schalterprogramm eingesetzt. Durch kurzes Drücken wird die Leuchte Ein- bzw. Ausgeschaltet, während die Lichtstärkeregelung durch Gedrückthalten der Taste erfolgt.

Alternativ kann auch ein 2-fach Taster (DSI-Steuermodul erforderlich) zum Einsatz kommen, wobei die eine Taste die Lichtstärke nach oben regelt und die andere nach unten. Die Beleuchtung kann beliebig mit einer der beiden Tasten ein- und ausgeschaltet werden.

Für Tridonic switchDIM gilt folgendes:

- Mehrere parallel geschalteter Tastschalter für Ein-/Ausschalten/ Lichtregelung montierbar.
- Für eine switchDIM-Anlage werden max. 25 PCA-EVG empfohlen
- Die Zuschaltung von Tasterphase und Null zum EVG ist nicht polarisiert.

Hinweis!

- Die Steuertasten dürfen keine Glimmlampen haben.
- Die Steuerleitungslänge ist nahezu unbegrenzt, weil es sich bei dem Signal um einen 230/240 V-Signalimpuls handelt.
- Die Phase, die die Leuchte mit Strom versorgt, muss sie auch steuern. Mit diesem Anschlussstück ist der Anschluss nicht polarisiert.
- Die gleichzeitige Verwendung von Taster-Steuerung (Impuls) und einem anderen Steuerungsverfahren, etwa DALI oder DSI, führt zu schweren, irreparablen Beschädigungen der digitalen Steuerung.
- Verschiedenene Fabrikate im System sind zu vermeiden.

Die Phasenpulskontrolle kann bisweilen aus der Phase geraten. Dies liegt oftmals an der Verwendung des Impulsschalters. Einige Nutzer betätigen die Taste sehr kurz, sodass nur ein Teil der EVGs dies als ein Regulierungssignal erkennt.

Wenn PCA-EVG mit Phasenpulskontrolle nicht synchron mit den restlichen installierten PCA-EVG sind (Funktionsweise unterschiedlich/Unausgewogenheit), kann die Installation durch Gedrückthalten der Drucktaste > 10 Sekunden synchronisiert werden. Sämtliche PCA-EVG werden dann zu 50 % synchronisiert, danach kann die Anlage wieder normal gefahren werden. Die Synchronisierung kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt während des Normalbetriebs erfolgen.

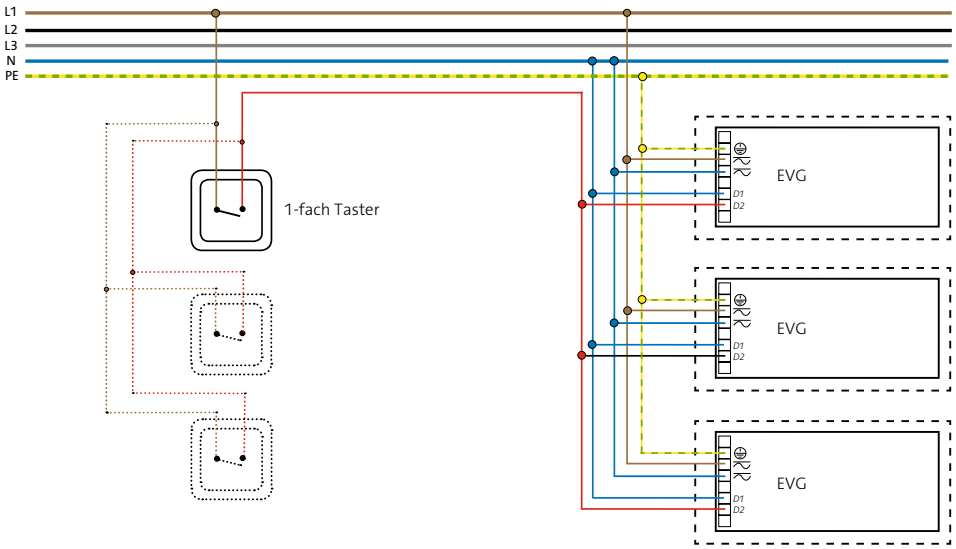
Sämtliche Fabrikate ähneln sich in ihren Vorgehensweisen, die Beleuchtung wieder zu Synchronisieren. Oftmals reicht es, den Impulsschalter gedrückt zu halten und somit die Leuchten in den eingeschalteten Modus zu bringen. Anschließend verläuft die Regelung wie gewohnt.

Dieses Phänomen kann auch auftreten, wenn im Stromnetz viele Oberwellen vorliegen, die Undeutlichkeit bei der Steuerung verursachen. In diesem Fall ist es am einfachsten, die Drucktaste durch eine andere Art der Steuerung zu ersetzen, z. B. durch ein Drehpotentiometer für DALI.

Abwesenheitsdämpfung – neue Funktion

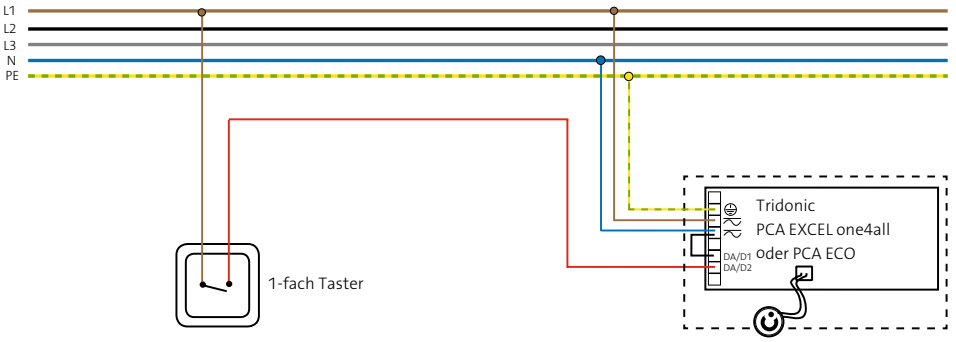
Die neuen EVGs von Tridonic PCA ECO und Excel können über Bewegungsmelder auch zur Regelung von hoher (Anwesenheit) und niedriger Leistung (Abwesenheit) eingesetzt werden. Diese Funktion bietet sich für Treppenhäuser, Korridore und Flure an. Große Energiemengen lassen sich auf diese Weise einsparen, ohne dass man das Licht komplett ausschaltet. Siehe Installationsbeispiel auf Seite 414.

Phasenpulskontrolle mit 1-fach Taster EVG



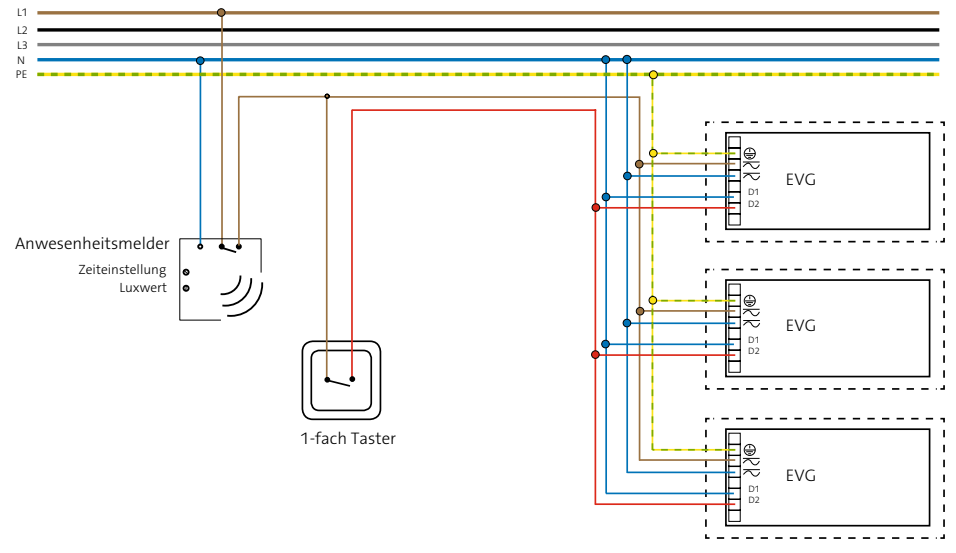
Es ist ein Taster ohne Glimmlampe zu verwenden. Die Geräteanzahl ist vom Fabrikat abhängig. Zur EVG-Regelung und -Versorgung ist dieselbe Phase zu verwenden. Wenn weitere EVGs oder kompliziertere Regelungen gewünscht werden, nehmen Sie bitte Kontakt mit unserer Vertriebsabteilung auf.

switchDIM-Regelung und Lichtsensor Smart LS II. EVG PCA Excel One4all oder PCA ECO.



Es ist ein Taster ohne Glimmlampe zu verwenden. Die Funktionen Ein- und Ausschaltung sowie Dimmen mit dem Schalter übernehmen die Reglerfunktion des Sensors Smart LS II. Smart LS II kann lediglich an ein Tridonic-EVG angeschlossen werden. Die Grundeinstellung des gewünschten Tageslichtwertes erfolgt am Sensor. Der Wert kann mit dem Schalter geändert werden. Zur EVG-Regelung und -Versorgung ist dieselbe Phase zu verwenden. Der Nullleiter an Klemme DA/D1 kann intern in der Leuchte überbrückt werden. Wenn weitere EVGs oder kompliziertere Regelungen gewünscht werden, nehmen Sie bitte Kontakt mit unserer Vertriebsabteilung auf.

Phasenpulskontrolle mit Ein-/Ausschaltfunktion mittels Anwesenheitsmelder.



Der Anwesenheitsmelder schaltet bei fehlender Anwesenheit nach einer gewissen Zeit die Beleuchtung aus. Die Einschaltung erfolgt mit dem letzten Wert. Dieser kann auch „Aus" sein, wenn die Ausschaltung manuell erfolgte. Es ist ein Taster ohne Glimmlampe zu verwenden. Die Geräteanzahl ist vom Fabrikat abhängig. Zur EVG-Regelung und -Versorgung ist dieselbe Phase zu verwenden. Wenn weitere EVGs oder kompliziertere Regelungen gewünscht werden, nehmen Sie bitte Kontakt mit unserer Vertriebsabteilung auf.

Räumlichkeiten ohne natürliche Lichteinstrahlung haben normalerweise eine Dauerlichteinschaltung. In bestimmten Fällen wird ein Teil der Leuchten abgeschaltet, wenn sich niemand im Raum befindet. Korridore und Flure können jetzt mit einer effektiven Beleuchtungsregelung ausgestattet werden, die immer eine ausreichende Grundbeleuchtung sicherstellt und bei Anwesenheit schnell für mehr Licht sorgt. Die Energieeinsparung kann bis zu 80 % betragen.

Vorteile:

- Leuchten mit Tridonic PCA ECO oder Excel one4all.
- e-Sense-Leuchten mit SmartSwitch-Sensoren können verwendet werden.
- Die EVGs merken sich diese Funktion beim ersten Einschalten automatisch.
- Externe Standard-Anwesenheitsmelder können in diese Funktion aufgenommen werden.

Beleuchtungsregelung in Treppenhäusern, Korridoren und Fluren. Die Kombination aus smartSWITCH-Sensoren in Leuchten und externen Anwesenheitsmeldern stellt eine komplette Erkennung sicher.

Vorschläge für die Installation zur Regelung im Korridor oder Flur

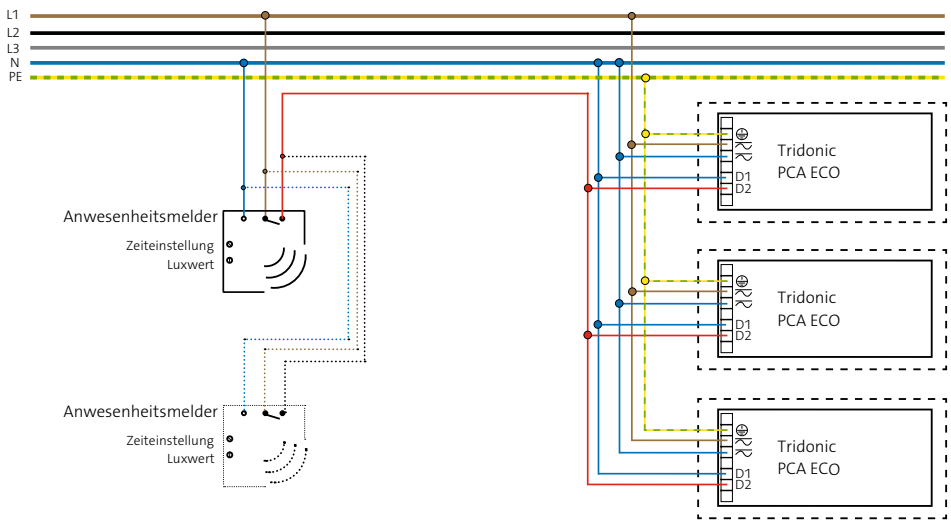
Häufig ist die Beleuchtung in Korridoren und Fluren ständig eingeschaltet, in denen Menschen sich aufhalten und sich normal bewegen. Beispiele hierfür sind Krankenhausflure und Korridore in größeren Gebäudekomplexen. Viele Installationen wurden durch die Anwesenheitsmelder energieeffektiver gestaltet, weil die Beleuchtung dann nur bei Bedarf eingeschaltet wird. Die negativen Effekte einer solchen Regelung bestehen darin, dass man sich einem dunklen Raum nähert und die Reaktionszeit der Sensoren darüber entscheidet, wie schnell die Beleuchtung eingeschaltet wird. Aufgrund der Kombination aus schlechter Abtastung und langsamer Reaktion der Leuchtstofflampen ist man schon weit im Korridor, wenn das Licht endlich eingeschaltet wird. Dadurch entstehen Unbehagen und Unsicherheit. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Haltbarkeit der Leuchtstofflampen negativ beeinträchtigt wird. Kurze Schaltzeiten verursachen eine Schwärzung der Leuchtstofflampenenden mit verkürzter Haltbarkeit.

Wenn man weiß, dass die Beleuchtung immer eingeschaltet sein soll, kann man sicherstellen, dass sie bei Anwesenheit von Personen mit hoher Leistung arbeitet und Energie spart, wenn niemand anwesend ist. Durch die Umschaltung zwischen hoher und geringer Leistung werden die Kathoden nicht verbraucht, und die Haltbarkeit der Leuchtstofflampen wird nicht negativ beeinträchtigt. Die Verzögerung bei der Abwesenheitdämpfung kann vor der Rückkehr zu niedriger Leistung lediglich wenige Minute betragen.

Der Vorteil dieser Regelvariante besteht darin, dass keine Zentraleinheit benötigt wird. Anwesenheitsmelder werden direkt an den EVG-Reglereingang angeschlossen. Nach einem Einschaltimpuls (Anwesenheit) von 5 Minuten ändert sich die EVG-Funktion auf die Regelung zwischen 100 % bei Anwesenheit (230 V am Regeleingang) und 10 % Licht bei Abwesenheit. Wenn man weiß, dass der Raum/Korridor zu bestimmten Zeiten nicht benutzt wird, z. B. in Schulen, kann man mit einer Zentralsteuerung die vollständige Ausschaltung vornehmen. Siehe nachstehenden Schaltplan.

Produkt	
Indigo Clivus mit Tridonic PCA ECO-lp	**24484-300**
Indigo Clivus mit Tridonic e-Sense smartSWITCH	**24484-309**
Externer Anwesenheitsmelder (siehe gegenüberliegende Seite)	

Abwesenheitsdämpfung mit Anwesenheitsmelder und EVG PCA ECO-lp



Anschluss für die automatische Regelung zwischen 100 % (Anwesenheit) und 10 % (Abwesenheit). Die EVGs PCA ECO-lp schalten die normale SwitchDim-Funktion automatisch um, wenn eine Schaltung länger als 5 Minuten geschlossen ist. Danach kann die Zeit der Anwesenheitsmelder weiter auf Maximalfunktion verkürzt werden. Leuchten mit e-Sense SmartSwitch können in Kombination mit externen Anwesenheitsmeldern eingesetzt werden.

Wenn Leuchten mit Kompaktleuchtstofflampen verwendet werden, sind die Leuchten mit PCA Excel One4all EVG auszustatten. Dieselbe Phase gilt für Leuchten und Sensoren. Eine größere Anzahl Leuchten kann gemeinsam geregelt werden, weil keine Leistung über die Relaisfunktion läuft. Die Abschaltfunktion hat zentral z. B. über einen Zeitkanal oder DUC zu erfolgen.

HTS Compact Passage

Steinel PIR BLS-T

Sensor HTS		
Komponente		
Sensor Compact Passage		**86225**
Aufputzrahmen		**86226**
Schutzgitter (nicht zur Verwendung mit Aufputzrahmen geeignet)		**86227**

Sensor Steinel		
Komponente		
Sensor PIR IS3180	Wandmontage H 2.0 m, Erfassung 8–20 m	**86235**
Sensor PIR IS3360	Deckenmontage H 2.5 m, Erfassung 10×10 m	**86271**
Sensor PIR IS345	Deckenmontage Korridor H 3.0 m, Erfassung 20×4 m	**86272**
Sensor IS345 MX Highbay	Präsenzmelder Montagehöhe 12 m, 30×4 m	**86273**
Sensor PIR BLS-T	Deckenmontage 2.5 m, Erfassung ∅ max 4 m. Manuelle Einschaltung.	**86274**
Schutzgitter		**86227**

Steinel PIR IS3180

Steinel IS 345 MX Highbay

Sensor Hytronik		
Komponente		
Sensor HC001/S	Mikrowellensensor	**86275**
HC-IP 65 Gehäuse	Gehäuse für o. g.	**86276**

Sensor Esylux		
Komponente		
Sensor PDE 360i/24	Deckenmontage, 2 potenzialfreie Relais	**86277**

Esylux PDE 360i/24

i Merkmale Sensoren für die Abwesenheitsdämpfung

HTS Compact Passage
PIR-Anwesenheitsmelder zur Lichtregelung. Für die Deckenmontage vorgesehen – entweder Einbaumontage in der Gerätesteckdose oder Aufputzmontage im Aufputzrahmen. Aufgrund seines Erfassungsbereichs eignet sich dieser Sensor besonders für Korridore, ist jedoch auch anderweitig einsetzbar. Über einen separaten Eingang lässt sich der Beleuchtungsanschluss manuell per Tastendruck bzw. Schalter steuern. Der Bewegungsmelder ist mit einem Lichtsensor (10–1500 lx) ausgestattet. Sein Ausgang ist EVG-kompatibel. Strombegrenzung zur Vermeidung von hohen Anlaufströmen. Die Ausschaltverzögerung lässt sich zwischen 10 Sekunden und 20 Minuten einstellen und hat eine Lernfunktion.
- Bewegungsmelder
- Länglicher Erfassungsbereich
- Ein- und Ausschaltverzögerung
- Lichtsensor 10–1500 lx
- Tasteneingang

Steinel-Sensoren
Steinel-Sensoren sind in einer Reihe von Varianten erhältlich, die für verschiedene Funktionen und Erfassungsbereiche ausgelegt sind. Sie sind leicht zu montieren und zu bedienen. Die Platzierung der Sensoren will zuvor gut geplant sein. Wählen Sie lieber einen Sensor mehr für die Anlage als der Erfassung blind zu vertrauen. Sämtliche Sensoren von Steinel lassen sich parallel schalten.

Sensor HC001/S
Mikrowellensensor zur Montage in Gehäusen oder Leuchten. Die Einstellung von Empfindlichkeit, Lux-Schwellenwert und Ausschaltdauer erfolgt stufenweise. Die Last am Relais beträgt 400 W EVG. Die Einheit bedient sich der Mikrowellentechnik, wodurch es möglich ist, Bewegungen durch feste Materialien (z. B. Abhangdecken) hindurch zu erfassen.

HC-IP 65
Gehäuse für Sensor HC001/S oder ähnliche Sensoren desselben Herstellers. Schutzart IP 65.

Sensor Esylux
Anwesenheitssensor zur Deckenmontage mit einem Überwachungsbereich von 360° und großer Reichweite von bis zu 24 m im Durchmesser, zur Verwendung in Büros, Klassenzimmern, Konferenzräumen usw. Besonders geeignet für Installationen mit Höhen von bis zu 10 m, z. B. Sporthallen, Lagerhallen etc. Zusätzlicher Schaltkontakt zur Steuerung von Belüftung. Separater Tasteneingang für individuelles, manuelles Ein-/Ausschalten von Beleuchtung. Erweiterung des Überwachungsbereiches durch Anschluss eines Slave-Sensors.

Der überwiegende Teil der dimmbaren EVGs ist gemäß Norm EN 60929 zur Steuerung mit 1–10 V Gleichspannung konstruiert. Das EVG erzeugt selbst die erforderlichen Steuerspannung, und im einfachsten Fall reicht ein Potentiometer (in der Regel linear, ca. 47 kΩ) zur Regelung. Die Potentiometerregler der meisten Hersteller enthalten Elektroniche Bauteile. Das EVG registriert die Spannung im Steuerkreis. Je niedriger die Spannung, desto niedriger auch das Beleuchtungsniveau. Wenn der Steuerkreis offen gelassen wird, leuchtet die Leuchte mit voller Stärke wie eine ungeregelte Leuchte. Wird der Steuereingang des EVGs gebrückt, sinkt das Beleuchtungsniveau auf das mögliche Minimum ab. Der Mindestlichtstrom variiert je nach Fabrikat, Typ und Leuchtmittel. Die normalen Mindestwerte betragen für Leuchtstofflampen 1–5 % und für Kompaktleuchtstofflampen 3–10 %.

Neben dem Phasen-, Null- und Schutzleiter werden an die Leuchte auch zwei Leiter für den Steuerkreis angeschlossen. Die Steuerleiter können im selben Rohr/Kabel wie die Netzspannung für die Leuchte verlaufen. Selbst wenn die Spannung höchstens 10 V beträgt, muss die Isolierung der Steuerleiter die Bedingungen für Starkstromanlagen erfüllen. Beim Anschluss des Steuerkreises muss sichergestellt werden, dass die Polarität stimmt. Wenn die Steuerleitung auch nur bei einer Leuchte aus der Leuchtengruppe verpolt angeschlossen ist, so sinkt das Lichtniveau der gesamten Gruppe auf den niedrigsten Dimmwert und lässt sich nicht mehr regeln.

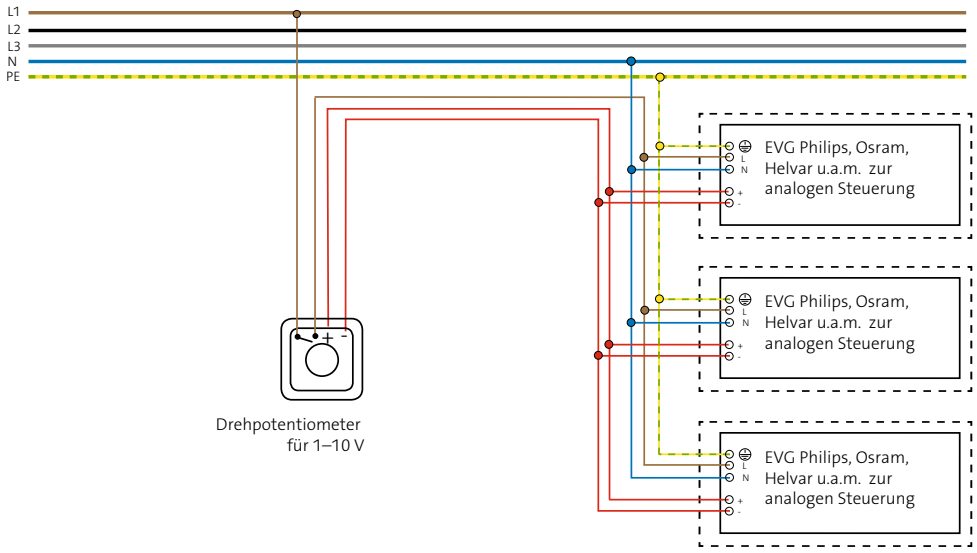
Neben den Steuerleitern muss auch der Phasenleiter über den mit der Steuereinheit oder dem Potentiometer verbundenen Schalter angeschlossen werden, weil die Leuchten nur über die Netzspannung ein- und ausgeschaltet werden können. Dies ist bei der Verdrahtungsplanung zu berücksichtigen.

Bei der Installation ist zudem die Schaltkapazität des Potentiometerschalters zu bedenken. Selbst wenn das Potentiometer die Lichtregelung von bis zu 50 EVGs erfüllt, kann die Schalterfunktion oft nur 5–10 Leuchten bewältigen, je nach Leistung. Bei größeren Lasten muss ein Schütz zwischengeschaltet werden.

Hinweis!

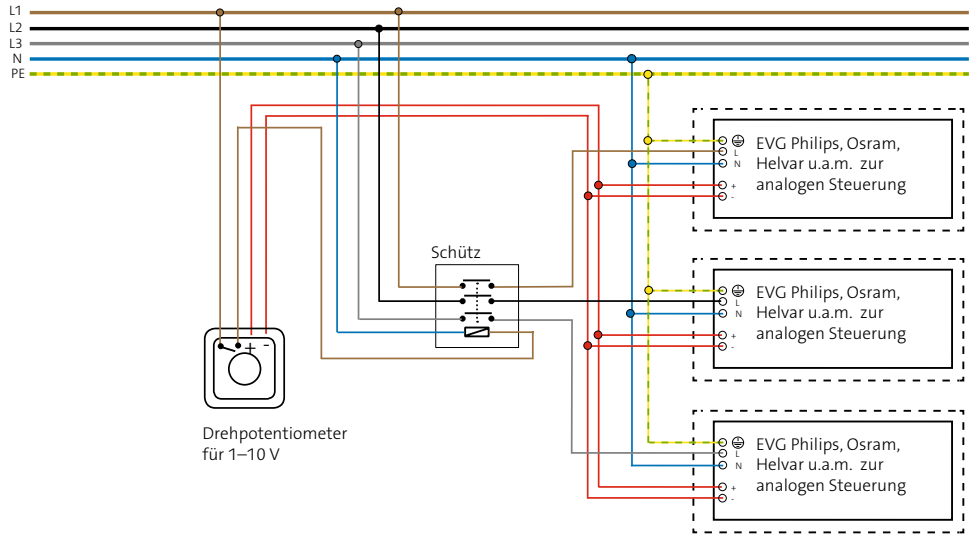
- Bei der Wahl eines Steuersystems muss unbedingt auf die Kompatibilität von System und Leuchte geachtet werden. Leuchten nach Norm EN 60929 speisen den Steuerkreis selbst, was nicht mit allen analogen Steuereinheiten möglich ist.
- Besondere Anforderungen werden an die Verlegung der Steuerkabel zusammen mit anderen Starkstromleitungen gestellt.
- Die Polarität ist wichtig. Die Regelung funktioniert nicht vorschriftsmäßig, wenn die Polarität bei einer der Leuchten in einer Gruppe nicht stimmt.

Analoge Regelung für die 1-phasige Installation



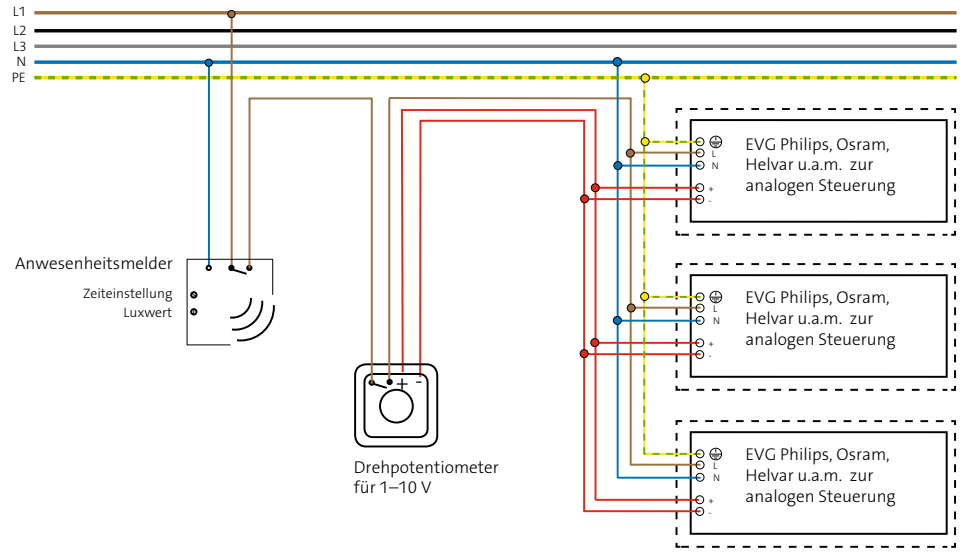
Keine EVGs verschiedener Hersteller oder mit unterschiedlicher Leistung vermischen. Regelpotentiometer können meistens 100 mA (etwa 50 EVGs) regeln, haben aber unterschiedliche Schaltkapazitäten bei der Schalterfunktion. Immer die Angaben des Herstellers überprüfen.

Analoge Regelung für die 3-phasige Installation mit Schütz



Keine EVGs verschiedener Hersteller oder mit unterschiedlicher Leistung vermischen. Regelpotentiometer und Steuereinheit können meistens 100 mA (etwa 50 EGVs) regeln. Dasselbe Steuersignal kann unabhängig von der Versorgungsphase mit gemeinsamer Ausschaltung über Schütze an EVGs angeschlossen werden.

Analoge Regelung für die 1-phasige Installation mit Ein-/Ausschaltung über Anwesenheitsmelder.



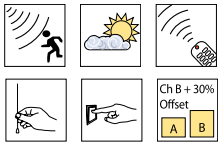
Der Anwesenheitsmelder schaltet die Beleuchtung abhängig von der Anwesenheit von Personen ein und aus. Die Schaltfunktion des Potentiometers braucht nicht benutzt zu werden, wenn sie überbrückt wird, erhält man bei Anwesenheit immer Licht mit der eingestellten Stärke. Anwesenheitsmelder verschiedener Hersteller können verwendet werden. Immer sicherstellen, dass die Empfindlichkeit gut und die Relaisfunktion für die angeschlossene Belastung ausgelegt ist. In Räumen mit viel Tageslicht kann die Einstellung des Luxwertes verwendet werden. Diese Funktion verhindert die Einschaltung bei starkem Tageslicht.

e-Sense steht für Einfachheit, Effektivität, Energie und Wirtschaftlichkeit. Einfach zu installieren und zu verwenden. Effektiv beim Umgang mit Licht und beim Energieverbrauch. Ergonomisch durch weniger Belastung von Auge und Sinn. Die Wirtschaftlichkeit ist die Summe aller Teile. Wir haben der Lichtregelung ein System gegeben, damit die Schaffenskraft in anderen Bereichen eingesetzt werden kann.

Fagerhult e-Sense-Leuchten besitzen eine integrierte Lichtregelung. Eine saubere und einfache Installation, die keine angebauten oder externen Sensoren erfordert. Keine Anschlüsse —keine Probleme. Fagerhult e-Sense ist die einfache, schnelle Installation einer Lichtregelung, einfach anschließen und schon läuft das System. Die Leuchte verfügt über einen neu entwickelten Multisensor, der die Bewegungen im Raum erfasst, das einfallende Tageslicht misst und die Leistung entsprechend anpasst.

Unsere Zielsetzung besteht darin, alle verborgenen Kosten bei Installation, Betrieb und Wartung abzuschaffen. Keine Schalter und komplizierte Einstellungen mehr. Eine Leuchte einbauen und ein ganzes Regelsystem erhalten. Das Licht wird mit Hilfe eines Tasters oder Zugschalters geregelt. Das Büro kann jederzeit ummöbliert werden, die Leuchte ist eine separat funktionierende Einheit. Zeit- und kostenintensive Umprogrammierungen sind nicht mehr notwendig.

e-Sense ActiLume



ActiLume ist ein Regelsystem von Philips auf der Grundlage des DALI-Protokolls. Das System besteht aus einem Sensor und einer Steuereinheit. Der Sensor besteht aus dei Teilen: Melder für die Anwesenheitserkennung, Sensor für die Tageslichtregelung und IR-Empfänger für den Einsatz eine Fernsteuerung.

e-Sense ActiLume bietet maximalen Komfort und Energieeinsparungen von bis zu 75 %. Das große Energieeinsparungspotential ermöglicht die schnelle Amortisierung der Investition.

Das System bietet dem Anwender auch die Möglichkeit, das Licht mit einem Taster, einem Zugschalter oder einer Fernbedienung auf einen persönlich bevorzugten Wert einzustellen.

ActiLume besteht aus einer kleinen, kompakten Sensoreinheit und einer Steuereinheit, die in der Leuchte montiert werden. ActiLume ist ein einfaches System für Plug and Play Beleuchtungen in Büroumfeldern. Die Kombination aus Anwesenheitsmelder – Lichtsensor – regelbares EVG bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten. Wenn man Erfahrungen damit gesammelt hat, welche Kombination am meisten zum Einsatz kommt, kann man einfach die perfekte Lösung für die Beleuchtungsregelung in einem Büro erstellen.

e-Sense ActiLume im Gehäuse der Lamellenleuchte Ten° Line.

Start der ActiLume-installation
Die Inbetriebnahme einer ActiLume-Installation ist leicht – einfach die Leuchte anschließen! ActiLume hat eine werkseitige Einstellung für die automatische Regelung des Beleuchtungsniveaus. Man kann jedoch auch eine eigene Einstellung für den jeweiligen Raum vornehmen. Hinweis! Bei Änderung der vorgegebener Werte den Einfluss des Tageslichts ausschließen!

Den Serviceschalter mehr als 3 Sekunden lang gedrückt halten (die Leuchtstofflampen blinken einmal). Nach 30 Sekunden ist die Einstellung abgeschlossen (die Leuchtstofflampen blinken erneut). Dank der Verzögerung von 30 Sekunden ist es möglich, z. B. eine Leiter zu entfernen, die eine normale Abtastung der Arbeitsfläche durch den Sensor behindern könnte.

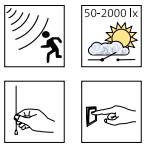
ActiLume stellt das Beleuchtungsniveau automatisch auf etwa 80 % des neuen Lichtwerts ein. Das entspricht etwa 600 lx (500 lx + Reflexionsfaktor 0,3) auf der Arbeitsfläche in einem Büro bei normaler Anordnung der Leuchte. Die Einstellung auf 80 % berücksichtigt den Umstand, dass der neue Lichtwert häufig höher ist als der Normalwert. Bereits hier werden Einsparungen erzielt.

Mithilfe des Serviceschalters der Sensoreinheit lässt sich einfach eine von zwei Standardfunktionen wählen (kürzer als 3 Sekunden drücken). Beim Loslassen des Schalters zeigen die Leuchtstofflampen durch ein- oder zweimaliges Blinken folgendes an:

- Einmaliges Blinken = "Modus 1" Büro (das Licht wird etwa 15 Minuten nach der letzten Anwesenheitserkennung ausgeschaltet).
- Zweimaliges Blinken = "Modus 2" Großraumbüro (das Licht geht nach der letzten Anwesenheitserkennung auf das niedrige Niveau zurück und wird nach 2 Stunden ganz ausgeschaltet).

Manuelle Regelung
Zur manuellen Beleuchtungsregelung kann ein Taster installiert werden; zum Ein- und Ausschalten kurz drücken. Längeres Drücken aktiviert die Dimmerfunktion.

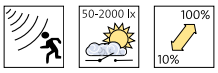
e-Sense smartSWITCH



smartSWITCH ist ein einfacher Ein/Aus-Sensor von Tridonic, der die angeschlossene Leuchte über die Netzspannung regelt. Er ist auch mit Zugdimmer zur eigenen Einstellung der Beleuchtung lieferbar. smartSWITCH übernimmt die automatische Ein-/Ausschaltung, die durch Anwesenheit und das Umgebungslicht gesteuert wird. Der Bewegungsmelder kann auf eine Verzögerung von 1 bis 30 Minuten eingestellt werden.

Wenn das Umgebungslicht ausreicht, wird die Beleuchtung ausgeschaltet, wobei der Lichtwert für die Abschaltung auf 50 bis 2000 lx eingestellt werden kann. Diese Funktion kann deaktiviert werden.

e-Sense smartSWITCH Abwesenheitsdämpfung



Diese Regelfunktion ist an die Räume eines Büros angepasst, in denen man sich seltener aufhält, z. B. Kopierraum, Lager, Korridor oder Garderobe. Das Licht liegt konstant auf einem geringen Niveau, damit nicht der Eindruck eines völlig dunklen Raums entsteht. Bei Anwesenheit von Personen wird der Lichtwert sofort auf 100 % angehoben. Die Verzögerung bis zur Rückkehr auf den niedrigen Wert (10 %) kann im Unterschied zur Regelung mit Ausschaltfunktion, bei der man unnötige Einschaltungen der Leuchtstofflampen vermeiden möchte, kurz sein. Wenn die Leuchte ganz ausgeschaltet werden soll, kann dies nach Ende der Arbeitszeit zentral erfolgen. Mit der Einstellung der Lux-Ein-/Ausschaltung kann man die Regelung außerdem unterbinden, wenn bereits genug Licht im Raum vorhanden ist. Zeit und Luxwert werden auf der Rückseite des Sensors eingestellt.

smartSWITCH besteht aus einer kleinen Sensoreinheit und einer Kombination aus Relais und Stromversorgung. Die Kapazität des Relais beträgt 200 VA, so dass man ein oder zwei EVGs für die Ein-/Ausschaltung anschließen kann.

e-Sense smartSWITCH im Raster einer Closs Beta eingebaut.

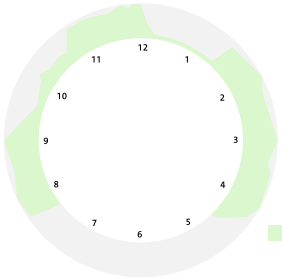
Der Sensor ist eine PIR-Einheit mit einem Abtastbereich von etwa 4 × 3 Meter in einer Pendelleuchte. Innerhalb dieses Bereichs erkennt der Sensor die IR-Strahlung des Körpers und schaltet das Relais, so dass die Leuchte eingeschaltet wird. An der Sensoreinheit ist eine Einstellung für den Luxwert vorhanden. Dieser Schwellenwert verhindert, dass der Sensor auf Anwesenheit reagiert, wenn genug Licht im Raum verhanden ist. Diese Einstellmöglichkeit gibt es nicht in Leuchten mit Zugdimmer, damit man die Beleuchtung auch in einem hellen Raum manuell ein- und ausschalten kann. Der Luxwert eignet sich mehr für die Abwesenheitsdämpfung.

smartSWITCH eignet sich für die meisten Büroräumlichkeiten, Einzelzimmer und und bietet sich auch für Großraumbüros, Eingangsbereiche, Korridore und kleinere Besprechungsräume an.

Zu Loop Light können wir ein Ersatzendstück mit e-Sense smartSWITCH-Sensor als Ergänzung zu einer bereits montierten EVG-Leuchte anbieten. Hierdurch können Sie mit einer vorhandenen Anlage Energie sparen. Installieren Sie dafür smartSWITCH .

ActiLume zeichnet sich durch maximalen Komfort und automatische Energieeinsparung aus. ActiLume passt die Beleuchtung an das Umfeld an. In unbenutzten Räumen wird das Licht ausgeschaltet.

Wenn der Sensor eine Anwesenheit erkennt, schaltet das System das Licht automatisch ein. Wenn genügend Tageslicht im Raum vorhanden ist, wird das Licht automatisch gedämpft. Das Licht wird ausgeschaltet, sobald der Raum eine Zeit lang nicht mehr benutzt wurde. Da das Licht nur dann eingeschaltet ist, wenn es wirklich gebraucht wird, kann das System Energieeinsparungen von bis zu 75 % bringen.



Die nachstehende Bildfolge zeigt, was im Verlauf eines Arbeitstages im Raum passiert. Aus dem Diagramm ist zu ersehen, wie der Energieverbrauch der Leuchte im Laufe des Tages schwankt.

i Eigenschaften e-Sense ActiLume Steuerung

Anwesenheitsmelder
Anwesenheitsregelung zur automatischen Ein-und Ausschaltung der Beleuchtung. Nach der letzten Anwesenheitserkennung wird das Licht mit einer Verzögerung von 15 Minuten ausgeschaltet.

Tageslichtregelung
Ein Sensor passt die Beleuchtung an das einfallende Tageslicht (natürliches Licht) an. Wenn kein Tageslicht vorhanden ist, dient diese Funktion zur Anpassung der Beleuchtung an den Betriebswert gemäß Beibehaltungsfaktor (Dauerlichtfunktion).

IR-Empfänger
Zur Regelung und Programmierung auf Wunsch mit Fernbedienung. Die Fernbedienung ist Zubehör.

Manuelle Regelung (touch)
Zur manuellen Regelung mit Zugdimmer in der Leuchte oder Taster an der Wand.

Kanal B 30 % Offset
Kanal B hat ein Offset von 30 %, so dass der indirekte Lichtanteil (Kanal B) geregelt wird, wenn Kanal A auf 70 % abgesunken ist. Wenn Kanal A bei 10 % liegt, arbeitet Kanal B folglich mit 40 %.

Nacht: Das Büro ist dunkel.

07:45 Uhr: Die Leuchte wird durch Anwesenheit eingeschaltet, weil das Tageslicht den Lichtbedarf nicht deckt.

Einfallendes Tageslicht sorgt für eine Dämpfung der Beleuchtung, die als Tageslichtregelung bezeichnet wird.

Die Regelung erfolgt langsam und konstant entsprechend dem eingestellten Wert. Der indirekte Lichtanteil liegt ca. 30 % über dem direkten Anteil.

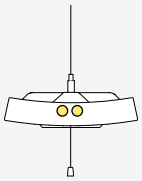
Mittagspause: Nachdem die letzte Person den Raum verlassen hat, wird das Licht gedämpft und nach 15 Minuten ausgeschaltet.

Die Leuchte wird nicht durch Anwesenheit eingeschaltet, weil der Lichtbedarf durch das einfallende Tageslicht gedeckt wird.

Manuelle oder automatische Regelung zur Erfüllung des Lichtbedarfs.

Nachdem die letzte Person den Raum verlassen hat, wird das Licht gedämpft und nach 15 Minuten ausgeschaltet.

i Eigenschaften e-Sense ActiLume Leuchten

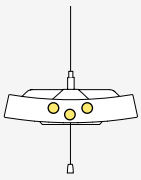


2-lampige Pendelleuchte

Optionen für Anwesenheitsmelder:
- Automatisch EIN Automatisch AUS (Verzögerung 15 Min).
- Manuell EIN (bei Helligkeit über 600 lx) Automatisch AUS (Verzögerung 15 Min). (Vor der Ausschaltung immer Dämpfung auf niedrigen Wert).

Optionen für Tageslichtsensor:
- Automatische Einstellung auf 600 lx.
- Manuelle Änderung der Einstellung.

Optionen für manuelle Regelung:
- Automatische Einstellung auf 600 lx.
- Manuelle Änderung der Einstellung.



3-lampige Pendelleuchte

Optionen für Anwesenheitsmelder:
- Automatisch EIN Automatisch AUS (Verzögerung 15 Min).
- Manuell EIN (bei Helligkeit über 600 lx) Automatisch AUS (Verzögerung 15 Min). (Vor der Ausschaltung immer Dämpfung auf niedrigen Wert).

Optionen für Tageslichtsensor:
- Automatische Einstellung auf 600 lx.
- Manuelle Änderung der Einstellung.

Optionen für manuelle Regelung:
- Zugdimmer oder Taster Ein/Aus und gemeinsame Regelung des indirekten und direkten Lichtanteils.
- IR-Sender Ein/Aus und Regelung (Zubehör).

Sonderfunktion:
- 30 % Offset, bei Dämpfung indirekter Lichtanteil. 30 % des direkten Lichtanteils.

Kombination Manuell/smartSWITCH

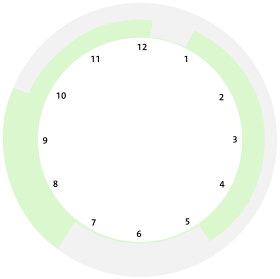
Nacht: Das Büro ist dunkel.

07:56 Automatische Einschaltung.

Manuelle Regelung von direktem und indirektem Lichtanteil.

Das Licht wird nach Ablauf der am Sensor eingestellten Zeit von etwa 15 Minuten ausgeschaltet.

Aus der Bildfolge links ist eine Kombination aus manueller Regelung und Anwesenheitserkennung zu ersehen. Aus dem Diagramm geht hervor, wie der Energieverbrauch der Leuchte im Laufe des Tages bei manueller Regelung schwankt. e-Sense smartSWITCH stellt sicher, dass die Beleuchtung bei leerem Raum ausgeschaltet ist.



Energiverbrauch

smartSWITCH mit Abwesenheitsdämpfung

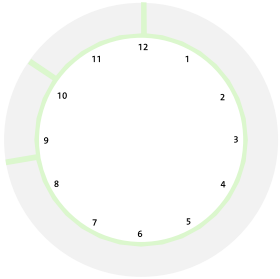
Das Licht liegt auf einem niedrigen Basiswert.

Das Licht wechselt bei Erkennung einer Bewegung auf einen höheren Wert.

Die Verzögerung nach der letzten Anwesenheit ist kurz, variabel von 1 bis 30 Minuten.

Nach Ablauf der eingestellten Zeit kehrt die Beleuchtung auf den Basiswert zurück.

Die Bildfolge links zeigt, was im Verlauf eines Arbeitstages im Raum passiert. Aus dem Diagramm geht hervor, dass der Energieverbrauch bei Nutzung der Abwesenheitsdämpfung erheblich sinkt. Abhängig von den Räumlichkeiten kann es empfehlenswert sein, die Beleuchtung nachts über eine Zeitsteuerung ganz auszuschalten.



Energiverbrauch

i Eigenschaften e-Sense smartSWITCH

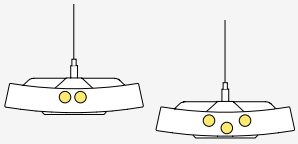
Anwesenheitsmelder
Anwesenheitsregelung zur Ein- und Ausschaltung der Beleuchtung. Nach der letzten Anwesenheitserkennung wird das Licht automatisch ausgeschaltet. Der Zeitraum zwischen Erkennung und Ausschaltung ist auf 1 bis 30 Minuten einstellbar.

Luxwerteinstellung
Durch die Einstellung eines Schwellenwertes wird verhindert, dass der Anwesenheitsmelder reagiert, obwohl das Tageslicht ausreichend ist.

Manuelle Regelung
Die manuelle Regelung ist nur in SmartSwitch Zugdimmer-Leuchten vorhanden.

Abwesenheitsdämpfung
Der Bewegungsmelder schaltet bei der Erkennung auf einen hohen Lichtwert um und kehrt nach kurzer Zeit auf den niedrigen Wert zurück. Keine Ausschaltfunktion.

i Eigenschaften e-Sense smartSWITCH Leuchten



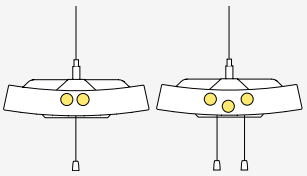
e-Sense smartSWITCH Ein/Aus

– Leuchten ohne regelbares EVG
Optionen für Anwesenheitsmelder:
- Automatisch EIN/AUS (einstellbar 1 bis 30 Min).
- Nicht EIN (bei Luxwert über eingestelltem Wert) Automatisch AUS.

Optionen für Tageslichtsensor:
- Nicht EIN bei hohem Luxwert.
- Manuelle Änderung des Luxwertes (50 bis 2 000 lx).

Hinweis!
- Die Leuchte hat kein regelbares EVG, lediglich die Funktion EIN/AUS.

Zu Loop Light können wir ein Ersatzstück mit e-Sense smartSwitch-Sensor als Ergänzung zu einer bereits montierten EVG-Leuchte anbieten.



e-Sense smartSWITCH

– 2- und 3-lampige Pendelleuchten mit regelbarem EVG
Optionen für Anwesenheitsmelder:
- Automatisch EIN/AUS (einstellbar 1 bis 30 Min).

Optionen für manuelle Regelung der 2-lampige Leuchte:
- Zugschalter EIN/AUS und gemeinsame Regelung des direkten und indirekten Lichtanteils.

Optionen für manuelle Regelung der 2-lampige Leuchte:
- Zugschalter EIN/AUS und Regelung des direkten Lichtanteils
- Zugschalter EIN/AUS und Regelung des indirekten Lichtanteils

Sonderfunktion:
- Die Leuchte ist mit einem ECO-Ip-EVG mit Speicherfunktion in Ausposition ausgestattet.

Hinweis!
- Die Luxwerteinstellung nicht verwenden. Wenn der Raum hell ist und der Sensor keine Einschaltung vornimmt, funktioniert der Zugschalter nicht.

e-Sense smartSWITCH Abwesenheitsdämpfung

– Leuchte mit regelbarem EVG
Optionen für Anwesenheitsmelder:
- Automatische Abwesenheitsdämpfung 100–10 % (Zeit einstellbar 1–30 Min).

Optionen für Tageslichtsensor:
- Nicht EIN bei hohem Luxwert.
- Manuelle Änderung des Luxwertes (50 bis 2 000 lx).

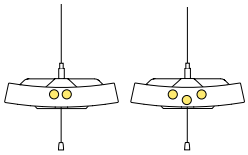
Die Investition in eine gute Beleuchtung an einem reinen Büroarbeitsplatz beläuft sich nur auf einen Bruchteil der Personalkosten. Gute Beleuchtung und Funktion lassen sich mittlerweile gut mit einer effektiven Energieeinsparung kombinieren. Die Leuchten haben eine intelligente Steuerung und erfordern kein Bussystem, was die Installation erhebelich vereinfacht.

Leuchte Zora mit integrierter Regelung für individuelles Licht über dem Arbeitsplatz.

Vorteile:

- Automatische Einschaltung.
- Regelung auf Niedrigwert 20 % nach 15 Minuten.
- Regelung mit Zugschalter, kein Wandschalter erforderlich.
- Individuelle Regelung und Ein-/Ausschaltung.
- Tageslichtregelung.
- Anwesenheitsmelder.
- Zentrale Ausschaltung nach der Arbeitszeit.
- Einfache Programmierung mit IR-Sender.

Vorschläge für die Installation zur Regelung in Büros



Die persönlichen Anforderungen an Licht sind ebenso unterschiedlich wie die Anzahl der Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz. Man kann nur eine brauchbare Grundlage schaffen, damit alle die richtigen Arbeitsbedingungen erhalten. Mittlerweile sind viele Arbeitsplätze mit höhenverstellbaren Tischen ausgestattet, wodurch sich die Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche in hoher Stellung dramatisch verändert. Damit wird eine verstellbare Beleuchtung unverzichtbar. Dank der effektiven e-Sense-Lösung ActiLume in den Leuchten werden Installation und Programmierung beschleunigt und vereinfacht. Frühere Versuche mit einer individuellen Anwesenheitserkennung haben Probleme mit sehr dunklen Bereichen im Büro verursacht, nachdem das dort arbeitende Personal nach Hause gegangen war. Das verursacht ein Gefühl des Unwohlseins bei den verbliebenen Mitarbeitern.

Mit der richtigen Einstellung von ActiLume stellt man ein konstantes Basislicht 20 % in allen Leuchten sicher, wenn einige Arbeitsplätze nicht mehr besetzt sind. Auch manuell ausgeschaltete Leuchten gehen nach 15 Minuten auf 20 %, so dass gute Lichtbedingungen vorliegen, die Enerige sparen und die Lichtquellen schonen.

Die Programmierung erfolgt einfach mit dem IR-Sender IRT 86155. Eine zentrale Ausschaltung sorgt dafür, dass keine Energie durch Standby-Funktionen verbraucht wird. Eine individuelle Regelung mit Zugschalter stellt sicher, dass die Kosten für die Installation von Schaltern in Trennwänden entfallen.

Produkt	
Zora Beta 2×35 W mit integriertem e-Sense ActiLume	**28700-385**

IRT 8010

IRT 8050

IRT 8099

LRM 8118

Zubehör e-Sense ActiLume		
Bezeichnung	Funktion	
IRT 8010	Fernbedienung mit 2 Schaltern	**86153**
IRT 8050	Fernbedienung an der Wand mit 2 Schaltern	**86151**
IRT 8099	Fernbedienung zur Programmierung	**86155**
LRM 8118	Externer Anwesenheitsmelder	**86152**

i Eigenschaften e-Sense ActiLume Zubehör

IRT 8010 und IRT 8050
Das Gerät hat nur zwei Schalter, einen für Einschaltung und Erhöhung des Lichtwertes und einen für Ausschaltung und Absenkung des Lichtwertes. Den Sender auf den ActiLume-Sensor in der Leuchte ausrichten und den Lichtwert einstellen. Dieselben Steuerfunktionen sind im Sender IRT 8050 für die feste Anbringung an der Wand vorhanden.

IRT 8099
Wenn veränderte Funktionen gewünscht werden, kann man mehrere Stellungen (Betriebsarten) mit der Fernbedienung IRT 8099 programmieren. Das System wird mit neun vorprogrammierten Stellungen für z. B. Schule, Korridor etc. geliefert.

LRM 8118
Wird die Abtastung auf Anwesenheit für eine größere Fläche gewünscht, kann man einen oder mehrere Sensoren vom Typ LRM 8118 an eine der DALI-Klemmen in der Leuchte anschließen. Es wird keine Programmierung oder Inbetriebnahme erforderlich. LRM 8118 sollte möglichst an der Decke angebracht werden. Der Abtastbereich beträgt etwa 7×7 meter. LRM 8118 ist lediglich ein Anwesenheitsmelder.

Eingebaute Leuchten in Büroräumen sind eher Allgemeinbeleuchtung und zur gleichmäßigen Lichtverteilung nach gültigem Standard vorgesehen. e-Sense ActiLume ist eine denkbare Alternative zum Lichtschalter an der Tür. Die Einstellung von Tageslichtfunktion und Anwesenheitsmelder ist einfach und kann jederzeit geändert werden. Licht bei Anwesenheit und entsprechend dem einfallenden Sonnenlicht. Leuchten weiter hinten im Raum regeln die Beleuchtung mit einem Offset von 30 %.

Vorteile:

- Automatische Einschaltung.
- Automatische Ausschaltung nach 15 Minuten.
- Offset von 30 % für Leuchten in der Raumtiefe.
- Manuelle Regelung bei Bedarf.
- Tageslichtregelung.
- Anwesenheitsmelder für größere Fläche.
- Einfache Programmierung mit IR-Sender.
- Anschluss mit Wieland-Anschluss als Option.

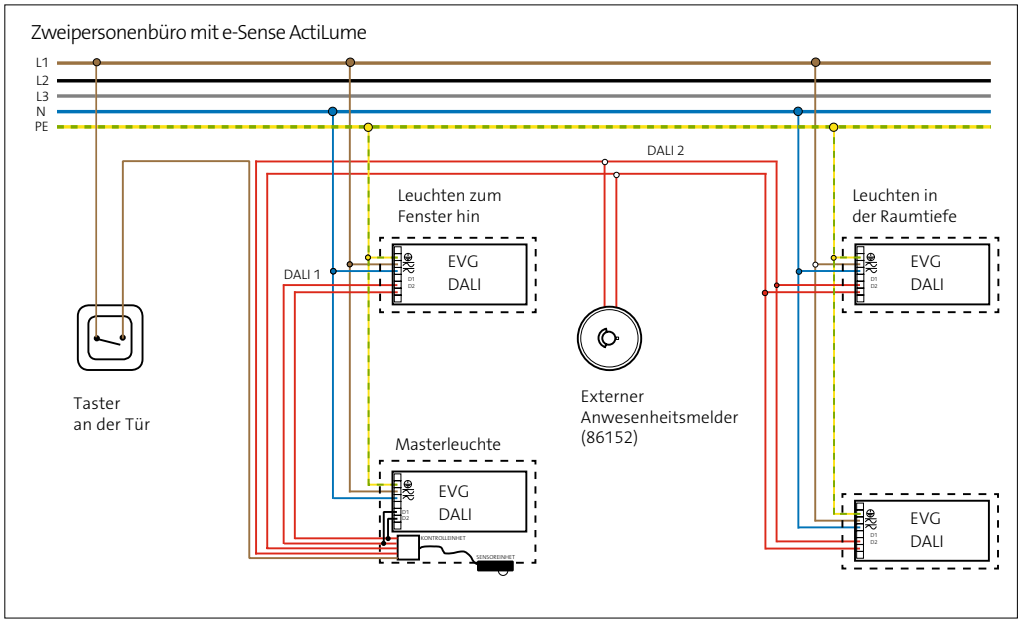
Vorschläge für die Installation zur Regelung in großen Büros

Die allgemeine Beleuchtung für große Büros lässt sich leicht effektiver gestalten. Dank der Anordnung der Leuchten kann man bei der Arbeit die richtige Lichtverteilung sicherstellen und gleichzeitig eine Lösung finden, die dem heutigen Energiedenken entspricht. Die Tageslichtregelung regelt alle Deckenleuchten, wobei die Leuchten auf der der Fensterfront gegenüberliegenden Raumseite mit einem Offset von 30 % reagieren, also 30 % mehr Licht abgeben als die Leuchten im Arbeitsbereich an der Fensterfront. Wenn e-Sense ActiLume an Leuchten in Fensternähe vorhanden ist und die Leuchten auf Kanal 1 (Fensterreihe) und Kanal 2 (in der Raumtiefe) verteilt sind, wird das abnehmende Tageslicht im Raum ausgeglichen. Dadurch ergibt sich ein regelbares, aber gleichmäßiges Licht im gesamten Raum. Diese Funktion kann man so erklären, dass bei 40 % Beleuchtung in der Fensterreihe die hintere Beleuchtung 70 % leistet, also 30 % mehr.

Die Kombination aus Sensoren in Leuchten und externen Anwesenheitsmeldern stellt eine komplette Erkennung in einem größeren Raum sicher.

Eine derartige Funktionsweise hat man schon lange angestrebt, allerdings war sie bisher mit komplizierten Bussystemen nicht möglich. Mittlerweile gibt es sie mit Voreinstellung und Mastersensor in der Leuchte. Bei Bedarf kann die Anwesenheitserkennung im Raum durch zusätzliche Sensoren ausgebaut werden. Über den Standard hinaus gehende Funktionen können mit dem IR-Sender 86155 programmiert werden.

Produkt	
MultiFive Basic Beta 3×14 W Master mit integriertem e-Sense ActiLume	**25483-382**
MultiFive Basic Beta 3×14 W DALI (max 10 Stück)	**25483-368**
Externer Anwesenheitsmelder	**86152**



Installation in einem Zweipersonenbüro mit e-Sense ActiLume. Die verschiedenen Steuerfunktionen werden an die Masterleuchte angeschlossen, die sich in der Fensterreihe befindet. Automatische Einschaltung bei Anwesenheit. Nach der letzten Erkennung wird die Beleuchtung auf 20 % gesenkt. Nach zwei Stunden wird das Licht ganz ausgeschaltet. Diese Einstellung kann einfach auf eine Verzögerung von lediglich 15 Minuten geändert werden. Dazu ist der Serviceschalter am ActiLume-Sensor einmal zu betätigen.

Die Leuchtenreihe in der Raumtiefe, am weitesten vom Tageslichteinfall entfernt, werden über DALI 2 mit einem Offset von 30 % gegenüber DALI 1 geregelt. Das bedeutet, dass die Leuchten in der Raumtiefe im abgesenkten Zustand mehr Licht abgeben. Die Größe des Büros macht es häufig erforderlich, die Anwesenheitserkennung durch einen zusätzlichen Sensor zu ergänzen, der zentral an der Decke angeordnet wird (86152). Die Beleuchtung wird manuell mit einem Taster an der Tür geregelt.

Die allgemeine Beleuchtung in Großraumbüros lässt sich effektiver gestalten, wenn die Installation vorher geplant und an den täglichen Ablauf angepasst wird. Licht bei Anwesenheit und entsprechend dem einfallenden Sonnenlicht. Leuchten auf der der Fensterfont gegenüberliegenden Raumseite regeln die Beleuchtung mit einem Offset von 30 %. Geringe Beleuchtung bei Abwesenheit, aber nicht ausgeschaltet. Das ist eine effektive Regelung in einem Großraumbüro.

Vorteile:

- Automatische Einschaltung.
- Automatische Absenkung auf 20 % nach 15 Minuten.
- Offset von 30 % für Leuchten in der Raumtiefe.
- Manuelle Regelung bei Bedarf.
- Tageslichtregelung.
- Anwesenheitsmelder für größere Fläche.
- Einfache Programmierung mit IR-Sender.

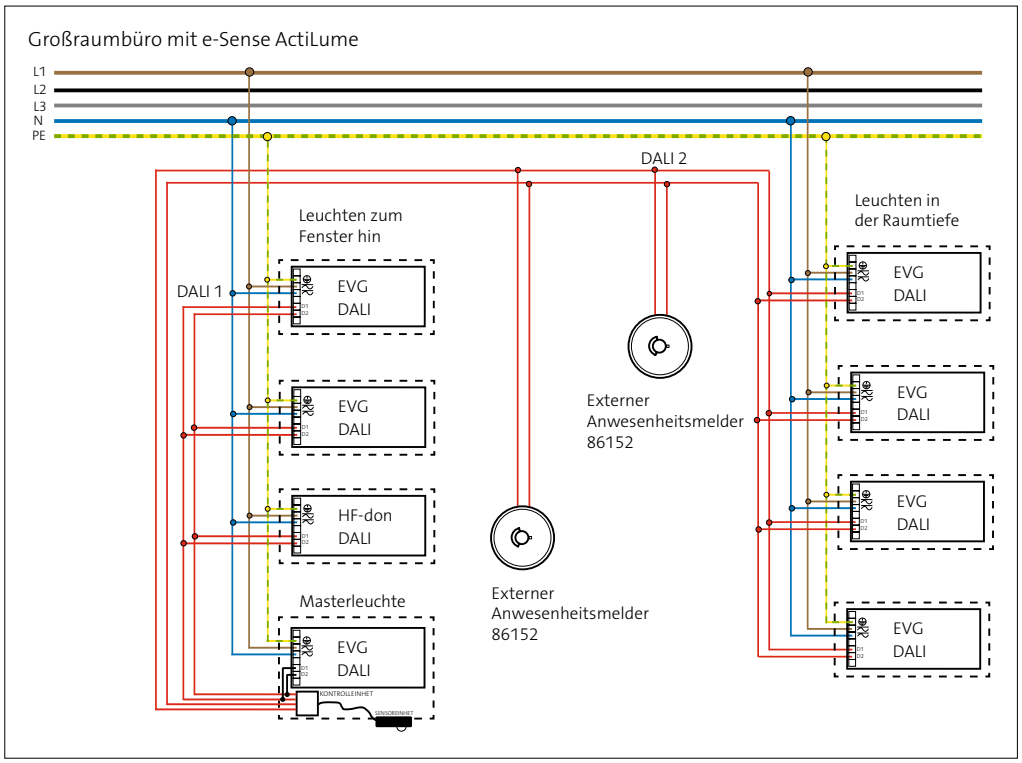
Leuchten Indigo Combo Beta. Die Kombination aus ActiLume-Sensoren in Masterleuchten und externen Anwesenheitsmeldern stellt eine komplette Erkennung sicher.

Vorschläge für die Installation zur Regelung in großen Büros

Die allgemeine Beleuchtung in Großraumbüros lässt sich leicht effektiver gestalten. Dank einer Zoneneinteilung der Beleuchtung nach Fenstern und Himmelsrichtung kann man bei der Arbeit die richtige Lichtmenge sicherstellen und gleichzeitig eine Lösung finden, die dem heutigen Energiedenken entspricht. Die Tageslichtregelung ist effektiv und leichter zu bedienen, wenn die abgetasteten und geregelten Bereiche von der Größe her nicht zu unterschiedlich sind. Wenn eine Masterleuchte mit e-Sense ActiLume in Fensternähe vorhanden ist und die Leuchten auf Kanal 1 (Fensterreihe) und Kanal 2 (in der Raumtiefe) verteilt sind, wird das abnehmende Tageslicht im Raum mit einem Offset von 30 % bei den hinteren Leuchten ausgeglichen.

Dadurch ergibt sich ein regelbares, aber gleichmäßiges Licht auf der gesamten Fläche. Diese Funktion sorgt dafür, dass bei 40 % Beleuchtung in der Fensterreihe die hintere Beleuchtung 70 % leistet, also 30 % mehr. Eine derartige Funktionsweise hat man schon lange angestrebt, allerdings war sie bisher mit komplizierten Bussystemen nicht möglich. Mittlerweile gibt es sie mit Voreinstellung und Mastersensor in der Leuchte. Die Beleuchtungszone kann etwa 8 Arbeitsplätze (abhängig von der Möblierung) und 10 Leuchten abdecken. Die Anwesenheitserkennung innerhalb der Zone kann durch zusätzliche Anwensenheitsmelder ergänzt werden, die an dasselbe Steuersignal wie die Leuchten angeschlossen sind. Über den Standard hinaus gehende Funktionen können mit dem IR-Sender 86155 programmiert werden.

Produkt	
Indigo Combo Beta 2×24 W Master mit integriertem e-Sense ActiLume	**24894-382**
Indigo Combo Beta 2×24 W DALI (max .10 Stück)	**28894-368**
Externer Anwesenheitsmelder	**86152**



Installation auf einer Büroebene mit e-Sense ActiLume. Ein ActiLume-System regelt max. eine Zone mit 11 Leuchten, in diesem Beispiel acht Leuchten. Ist das Büro größer, werden Parallelsysteme installiert, die individuell geregelt werden. Die verschiedenen Steuerfunktionen werden an die Masterleuchte angeschlossen, die sich in der Fensterreihe befindet. Automatische Einschaltung bei Anwesenheit. Nach der letzten Erkennung wird die Beleuchtung auf 20 % gesenkt. Nach zwei Stunden wird das Licht ganz ausgeschaltet. Diese Einstellung kann mit dem IR-Sender (86155) für die Programmierung leicht geändert werden.

Die Leuchten in der Raumtiefe, am weitesten vom Tageslichteinfall entfernt, werden über DALI 2 mit einem Offset von 30 % gegenüber DALI 1 geregelt. Das bedeutet, dass die Leuchten in der Raumtiefe, im abgesenkten Zustand mehr Licht abgeben. Die Größe des Büros macht es häufig erforderlich, die Anwesenheitserkennung durch einen oder mehrere zusätzliche Sensoren zu ergänzen, die zentral an der Decke angeordnet werden (86152).

In einem Klassenzimmer bietet die Regelung mit e-Sense ActiLume zahlreiche Vorteile. Die Lichtregelung ist an die Größe des Raums angepasst und berücksichtigt, dass einige Leuchten sich weiter hinten im Raum befinden. Dank der einfachen Installation und Inbetriebnahme werden die Gesamtkosten reduziert.

Vorteile:

- Automatische Ein-/Ausschaltung oder nur Ausschaltung.
- Tageslichtregelung.
- Offset-Regelung der Leuchten in der Raumtiefe.
- Regelung an der Tür und am AV-Bedienfeld.
- Regelung in Standarddruckschalter integriert.
- Schnelle Programmierung mit IR-Sender.

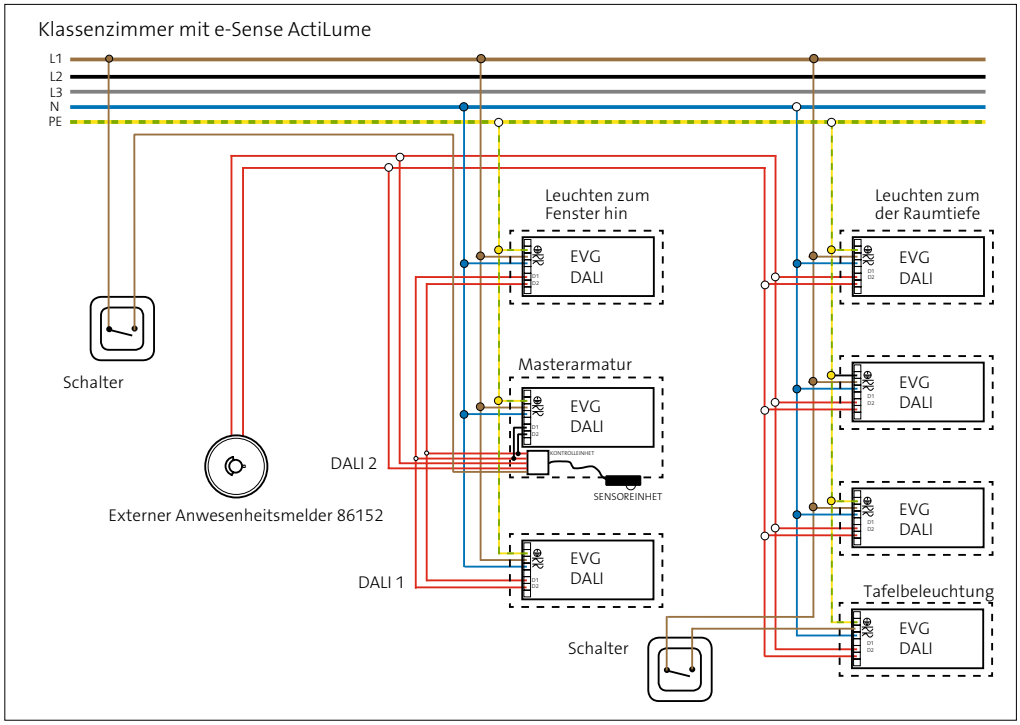
Vorschläge für die Installation zur Regelung im Klassenzimmer

Der Sensor befindet sich in einer der Leuchten in der Fensterreihe, die dann als sogenannte Masterleuchte dient. Der Sensor verfügt über Funktionen für die Anwesenheitserkennung, Tageslichtregelung, IR-Empfänger und einen Serviceschalter, über den man Zugriff auf die verschiedenenen Funktionen des Systems erhält. Die anderen Leuchten einschließlich der Tafelbeleuchtung werden über zwei verschiedene DALI-Anschlüsse an die Masterleuchte angeschlossen. Die am weitesten von den Fenstern entfernten Leuchten werden mit einem Offset von 30 % gegenüber den Leuchten in der Fensterreihe geregelt. Die Möglichkeit der Offset-Regelung sorgt für gleichmäßige Beleuchtungswerte im Raum, die bisher nur mit komplizierten Bussystemen möglich waren. Nach der Installation kann man durch Betätigen des Serviceschalters am Sensor den gewünschten Lux-Wert unter Einfluss des Tageslichts einstellen. Der Tageslichwert und andere Funktionen lassen sich mit dem IR-Sender 86155 leicht ändern.

Im Vergleich zu älteren Installationen kann man den Energieverbrauch abhängig von der Art der früheren Installation um bis zu 80 % reduzieren.

Die Lichtregelung sorgt für das richtige Licht im Unterricht und spart Energie. Das Bild zeigt die Risbroschule in Fagersta wo Energieeinsparungen um 73 % erreicht wurde!

Produkt	
Masterleuchte Ten° Line Beta 2×35 W mit ActiLume sensor	**26243-382**
Leuchte Ten° Line Beta 2×35 W DALI	**26243-368**
Leuchte Lento 2×1×35 W DALI	**19861-368**
Externer Anwesenheitsmelder	**86152**



Installation in einem Klassenzimmer mit e-Sense ActiLume. Die verschiedenen Steuerfunktionen werden an die Masterleuchte angeschlossen, die sich in der Fensterreihe befindet. Die Leuchten in der Raumtiefe, am weitesten vom Tageslichteinfall entfernt, werden über DALI 2 mit einem Offset von 30 % gegenüber DALI 1 geregelt. Das bedeutet, dass die Leuchten in der Raumtiefe im abgesenkten Zustand mehr Licht abgeben. Die Größe des Klassenzimmers macht es häufig erforderlich, die Anwesenheitserkennung durch einen zusätzlichen Sensor (86152) zu ergänzen, der zentral an der Decke angeordnet wird.

Die Decken- und Tafelbeleuchtung wird mit einem Schalter an der Tür geschaltet. Die Tafelbeleuchtung kann auch separat ausgeschaltet werden.

e-Sense ActiLume Connection Box

Schnellverbindersystem zur Steuerung mit e-Sense ActiLume

e-Sense ActiLume Connection Box wurde primär für die Verwendung in Lehrsälen entwickelt, lässt sich jedoch auch gut in Großraumbüros einsetzen, zur Installation über abgehängten Decken.

Beleuchtungslösungen mit Steuersystemen sind oft aufwendig in der Installation und Inbetriebnahme. Für eine erfolgreiche Planung sind hinsichtlich der Eigenschaften des Steuersystems ausreichendes Wissen und Erfahrung erforderlich. Spätere Änderungen, bis hin zur vollständigen Neuinstallation, sind sehr zeitaufwendig.

e-Sense ActiLume ist als Steuersystem bereits für eine einfache Inbetriebnahme vorbereitet. Um eine Installation vor Ort in Betrieb nehmen zu können, ist minimaler Aufwand erforderlich. Veränderungen sind leicht per IR-Sender möglich, oder einfach mithilfe einer Stiftspitze.

Wir möchten nun auch für die Installationsphase eine modernere, flexiblere und schnellere Lösung anbieten. Dank einer großen Auswahl an Leuchten, die nur an eine speziell entwickelte Anschlussbox angeschlossen zu werden brauchen, ist der Installationsaufwand minimal. Schließen Sie die Box an den Strom an, und schon können Sie alle Leuchten nacheinander mit der Box verbinden, ohne dass der Strom ausgeschaltet zu werden braucht. Dank der codierten Steckverbinder verläuft die Installation schnell und sicher. Sämtliche Funktionen lassen sich völlig gefahrlos aktivieren und deaktivieren.

Bei der Wartung braucht der Strom nicht ausgeschaltet zu werden. Stattdessen reicht es, wenn die Leuchten einfach von der Box oder dem Verbinder getrennt werden.

Auf diese Art und Weise können auch während der Wartung die übrigen Leuchten den Raum erhellen. Die Leuchten lassen sich auch für Wartungsarbeiten abnehmen.

Bei dieser Lösung haben wir uns für Wielands Adaptersystem GST als Standard entschieden.

e-Sense ActiLume Connection Box	
ActiLume Connection Box (komplett)	**88220**
Wieland T-connector	**91026**
Wieland Connector cable, L=3,0 m	**88222**
Externer Sensor ActiLume 86152	**86152**
IR-Sender zur Programmierung (IRT 8099)	**86155**

i Eigenschaften e-Sense ActiLume Connection Box

Anschlussbox zum Anschluss an Master- und Slave-Leuchten usw.
Einschl. Anschlüssen für::
- Stromversorgung 230 V (schwarz).
- Pulsschalter (braun).
- Schalter (braun).
- Externer Anwesenheitsmelder (grau).
- Anschluss für Tafelbeleuchtung (5-polig, blau).

Beispiel: Master-Leuchte zum Anschluss an eine e-Sense ActiLume Connection Box DTI 28924-321
DTI type 2 Beta 2 × 35 W, mit Sensor e-Sense ActiLume und vollständiger Steckervorrichtung, abgeschirmt und halogenfrei.

Beispiel: Slave-Leuchte zum Anschluss an eine e-Sense ActiLume Connection Box DTI 28924-325
DTI type 2 Beta 2 × 35 W, mit vollständiger Steckervorrichtung, abgeschirmt und halogenfrei.

Vorteile der e-Sense ActiLume Connection Box
- Leuchten sind vollständig mit Steckervorrichtungen versehen – einfacher Anschluss ohne erforderliche Fachkenntnisse.
- Schneller Anschluss an die Anschlussbox – die Funktionen sind deutlich gekennzeichnet.
- Sämtliche Anschlüsse für externe Funktionen werden mitgeliefert – zum Bestellen von Komponenten sind keine Fachkenntnisse erforderlich.
- Ausführliche Installationsanleitung im Lieferumfang enthalten.
- Einfaches Einschalten des Stroms genügt, damit das Steuersystem läuft.
- Einfache Programmierung direkt über die Master-Leuchte oder einen IR-Sender.

Steuerfunktionen
- Anwesenheitserkennung entweder mit automatischer oder manueller Aktivierung.
- Tageslichtregelung gemäß gewünschtem Niveau. Leicht einzustellen.
- Manuelle Steuerung über rückfedernden Tastschalter für Ein/Aus und Regelung.
- Ausschaltung nach 15 Minuten oder Übergang zu niedrigerem Lichtniveau, je nach eingestelltem Modus.
- Offset-Funktion. Leuchten mit größerer Entfernung zum Fenster lassen sich für 30 % Offset an DALI 2 anschließen. Hierdurch wird das Licht der Master-Leuchten-Regelung um 30 % versetzt.

Das System ist werkseitig auf Modus 1 oder 2 eingestellt. Mit IR-Sender 86155 lassen sich 7 weitere Modi programmieren.

e-Sense ActiLume Connection Box

Komplettlösung für Klassenzimmer mit abgehängten Decken

Die Anforderungen an Beleuchtungsplanung und Lichtregelung in Klassenzimmer sind heutzutage klar definiert und erprobt. Fagerhult hat nun eine Standardlösung für herkömmliche Klassenzimmern mit sechs bzw. neun Deckenleuchten entwickelt, einschließlich einer Leuchte über der Tafel.

Eine Komplettlösung mit e-Sense ActiLume als Steuersystem bietet eine schnelle Installation mit unschlagbaren Eigenschaften und Vorteilen bei Betrieb und Wartung. Die Steuerung mit Anwesenheitserkennung, Tageslichtregelung und manueller Regelung optimiert den Energieverbrauch und schafft gleichzeitig die ideale Beleuchtungslösung. Das System kann im Vergleich zu älteren Installationen bis zu 60–70 % Energie sparen (oftmals stammen Beleuchtungsinstallationen in Schulen aus den 70er Jahren).

Die e-Sense ActiLume Connection Box bietet eine schnelle, effiziente und vollständige Lösung zum Installieren von Systemen mit Lichtregelung. Normale Installationskabel sind ausschließlich für nicht im Voraus abschätzbare Kabellängen erforderlich: für die Leitung zur Tafelbeleuchtung (5-polig), für den Schalter an Tür und Tafelbeleuchtung (2-polig) sowie für den externen Anwesenheitsmelder (2-polig).

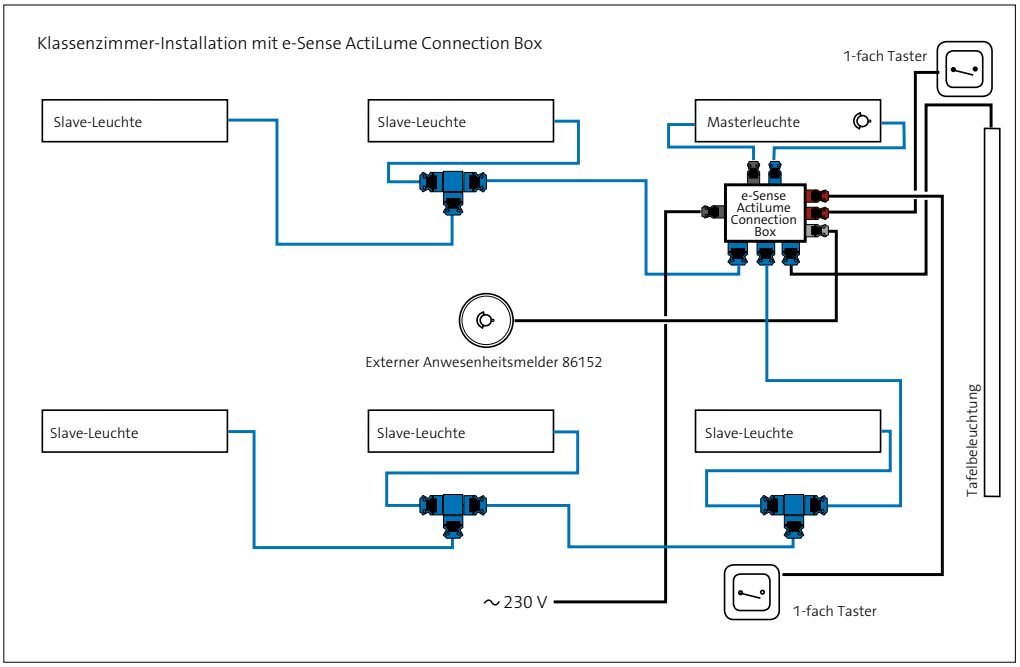
Vorteile von Komplettlösungen für Klassenzimmer

- Im Lieferumfang sind eine vollständige Beleuchtungslösung mit Steuerung für ein Klassenzimmer, einschließlich Pendelleuchten und Tafelbeleuchtung enthalten.
- Es stehen zwei Lösungen zur Auswahl: eine mit sechs Leuchten DTI für 8×6 m und eine mit neun Leuchten DTI für 9×7,5 m.
- Komplette Tafelbeleuchtung einschl. DALI-EVG, Lento 1×35 W.
- Einfache Programmierung direkt über die Master-Leuchte oder einen IR-Sender.

Für Bestellungen setzen Sie sich bitte mit unserer Vertriebsabteilung in Verbindung.

Komplettlieferung Klassenzimmerbeleuchtung	Zimmer 1	Zimmer 2
Anzahl Deckenleuchten	6 St.	9 St.
Anschlussbox einschl. aller erforderlichen Anschlüsse	1 St.	1 St.
Master-Leuchte DTI Typ 2 Beta 2×35 W 28924-321, vollständig mit Anschlussleitungen, L=3,0 m[1)] und Anschlüssen, einschl. Leuchtstofflampe und Seilaufhängung	1 St.	1 St.
Slave-Leuchte DTI Typ 2 Beta 2×35 W 28924-325, vollständig mit Anschlussleitung, L=3,0 m[1)] und 5-poligen Anschlüssen, einschl. Leuchtstofflampe und Seilaufhängung	5 St.	8 St.
Tafelbeleuchtung Lento 1×35 W 19843-299, weiß, vollständig mit dimmbarem EVG (Anschlussleitung nicht enthalten)	1 St.	1 St.
Leitungen zur Durchgangsverdrahtung zwischen den Leuchten, L=3 m	3 St.	6 St.
Verbindungen (T-Anschlussstück)	3 St.	6 St.
Externer Anwesenheitsmelder	1 St.	1 St.

[1)] Sämtliche Leitungen sind abgeschirmt und frei von Halogen.



Beispiel für eine Klassenzimmerinstallation mit 6 Deckenleuchten. Die Connection Box ist in der Nähe der Master-Leuchte zu platzieren. Die übrigen Leuchten sind an die beiden Ausgänge anzuschließen: DALI 1 zur Regelung gemäß Master-Leuchte und DALI 2 zur Regelung mit 30 % Offset.

Bei den schwarz markierten Leitungen (5 Stück) handelt es sich um herkömmliche Installationskabel, deren Länge im Voraus nicht abgeschätzt werden kann und die nicht im Lieferumfang enthalten sind. Das Anschlussstück zur Box ist inbegriffen.

Im vielen Räumen im Büroumfeld kann die Beleuchtung effektiver und energiesparender gestaltet werden. In Lagern, Vorratsräumen, Archiven und Kopierräumen ist normalerweise das Licht ständig unabhängig davon eingeschaltet, ob sich Personen darin aufhalten oder nicht. Jetzt ist eine effektivere Beleuchtungsregelung mit großem Einsparungspotential einfach einzurichten.

Vorteile:

- Automatische Einschaltung.
- Regelung auf Niedrigwert 10 % nach vorgegebener Zeit, einstellbar auf 1 bis 30 Minuten.
- Anwesenheitsmelder in die Leuchte eingebaut.
- Zentrale Ausschaltung nach der Arbeitszeit zur Optimierung der Funktion.

Vorschläge für die Installation zur Regelung in Lagern und Vorratsräumen

Berechnungen zufolge entfallen 30 bis 40 % des Energieverbrauchs auf den Betrieb von Bürogebäuden. Davon entfällt ein gewisser Teil auf die Beleuchtung, aber meistens handelt es sich dabei um Wärme, die abgekühlt werden muss. Auch in Nordeuropa ist der Kühlbedarf etwa neun Monate im Jahr hoch. Kann man es vermeiden, installierte Zusatzkühlung zu nutzen, wird viel Energie gespart. Mit neuen Denkansätzen kann man die Energienutzung in praktisch allen Räumen effektiver gestalten. Wenn man berechnet, wie groß der Anteil der effektiv genutzen Beleuchtungszeit in Nebenräumen von Büros ist, kommt man häufig auf lediglich 5 %. Die Beleuchtung ist aus Gewohnheit ständig eingeschaltet, und nichts wird geändert.

Wenn eine Leuchte mit e-Sense smartSWITCH für die Abwesenheitsdämpfung ausgestattet ist, können bis zu 80 % der Energie eingespart werden. Mit zentraler Ausschaltung nach Ablauf der Arbeitszeit wird die Installation erst richtig effektiv. Es wird kein externer Sensor oder Schalter benötigt. Die Leuchte schaltet sich bei Anwesenheit von Personen schnell und direkt auf 100 % ein und regelt sich nach Ablauf der eingestellten Zeit langsam auf 10 % herunter. Die Verzögerung nach Beendigung der Anwesenheit kann lediglich 1 Minute betragen, wodurch die Einsparung weiter optimiert wird. Da das Licht nicht ganz ausgeschaltet wird, kann es beliebig häufig eingeschaltet werden, ohne dass sich dies auf die Kathoden und somit auf die Haltbarkeit der Leuchtstofflampe auswirkt.

Produkt	
Ten° Line Lamellmit integrierter e-Sense smartSWITCH Abwesenheitsdämpfung	**26128-218**

smartSWITCH Abwesenheitsdämpfung ermöglicht erhebliche Energieeinsparungen in Räumen, in denen sich nur selten und in kurzen Zeiträumen Menschen aufhalten.

Fagerhult hat Leuchten mit einzigartigen Funktionen zu bieten. Beispielsweise bei einem Sensor mit Mikrowellentechnik lässt sich die Sensoreinheit so in der Leuchte verbergen, dass sie weder das Design beeinträchtigt noch sich auf die Isolationsklasse o. Ä. auswirkt. Wir bieten eine ganze Reihe von Leuchten mit dieser Technik, zur Anpassung an verschiedenste Umgebungen und Anforderungen. Mit Mikrowellensensoren bleiben sowohl Leuchtenkonstruktionen als auch Isolierungsanforderungen unverändert.

Dass sich die Eigenschaften eines Mikrowellensensors von denen eines PIR-Sensors (Passiv Infrarot) unterscheiden, zeigt auch die Tabelle. Es ist möglich, dass der Sensor eine Bewegung auf der anderen Seite einer dünnen Wand aus bspw. Gips registriert. In einem solchen Fall lässt sich die Empfindlichkeit (bzw. der Erfassungsbereich) senken, um Fehler bei der Erfassung zu verhindern. Gleichzeitig ist die Funktion z. B. von Vorteil, wenn sich die Leuchte in einem Toilettenraum befindet. In diesem Fall wird das Licht bereits vorm Öffnen der Tür eingeschaltet.

Mikrowellensensoren dürfen nicht in der Nähe von Lüftungsöffnungen oder großen Metallflächen angebracht werden, da der Sensor ansonsten fortlaufend Bewegungen wahrnimmt. Die Einstellung der Empfindlichkeit, der Zeit nach der letzten Bewegung und des Lux-Schwellenwertes erfolgt in festgelegten Stufen direkt über das Sensormodul. Der Relaisausgang ist verschieden stark belastbar, je nachdem ob man eine oder mehrere Leuchten ein- bzw. ausschaltet oder ob man das Relais zur Regelung des Lichts zwischen unterschiedlichen Niveaus verwendet, für die sog. Abwesenheitsdämpfung oder Korridorfunktion.

Vergleich von Sensoren

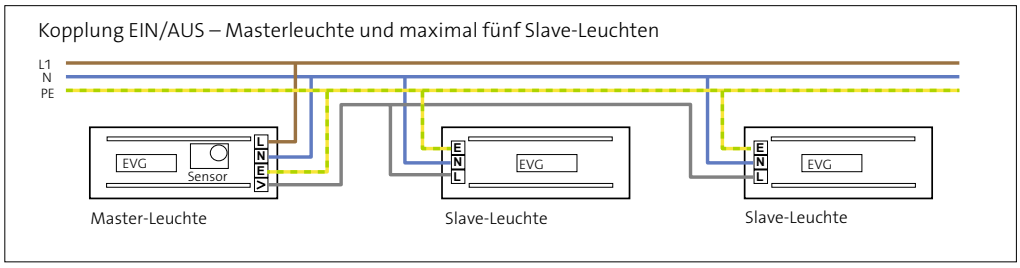
Funktion/Eigenschaft	Mikrowellensensor	PIR-Sensor
In Leuchte verborgen	Ja	Nein
Erkennt Infrarotwärme bei Bewegung	Nein	Ja
Erkennt Objekt in Bewegung	Ja	Nein
Anbringung in Pendelleuchte möglich	Nein	Ja
Erfassung durch Wand/Glas hindurch	Ja	Nein
Einstellbarer Erfassungsbereich	Ja	Nein [1]
Relaisausgang	Ja	Ja
Einstellbare Ausschaltzeit	Ja	Ja
Einstellbarer Lux-Schwellenwert	Ja [2]	Ja
Funktion Ein-/Ausschalten	Ja	Ja
Funktion Abwesenheitsdämpfung	Ja	Ja
Slave-Anschluss	Ja	Ja

[1] Der Erfassungsbereich eines PIR-Sensors lässt sich durch partielles Abdecken der Linse, z. B. mit Klebeband, verkleinern.

[2] Der Lux-Schwellenwert kommt zum Tragen, wenn das Licht der Leuchte nicht direkt in die Lux-Diode reflektiert wird. Dies ist z. B. der Fall bei Leuchten mit mattem Schirm. Aus diesem Grund wird die Verwendung des Lux-Schwellenwertes bei Mikrowellensensoren in Leuchten nicht empfohlen.

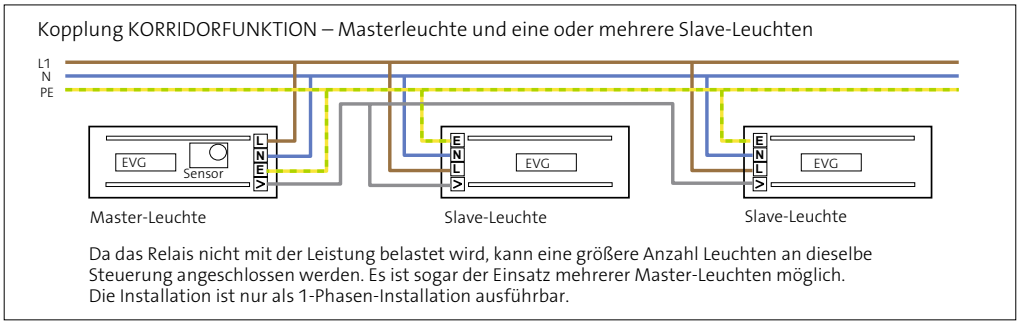
Wie funktioniert ein Mikrowellensensor?

Der Sensor sendet ähnlich wie ein Radar ein Signal aus, das wieder zurück reflektiert wird. Das Signal hat eine Stärke von unter 10 mW. Tritt bei dem reflektierten Signal einen Änderung ein, wird dies vom Sensor als Bewegung interpretiert. Die Strahlung eines Sensors beträgt ungefähr ein Hundertstel der Strahlung eines Mobiltelefons.

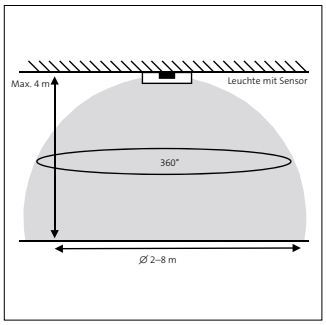


Die Leuchten sind mit Standard-EVG zum Ein- bzw. Ausschalten ausgestattet. Die Master- und die Slave-Leuchten erlöschen nach der letzten Bewegung und nach Verstreichen der Verzögerungszeit. Das Relais des Sensors ermöglicht den Slave-Anschluss von fünf Leuchten. Die Master-Leuchte hat einen 4-poligen und die Slave-Leuchten einen 3-poligen Anschluss.

Discovery mit Mikrowellensensor.



Mit dem Relais im Mikrowellensensor und Tridonics EVG lässt sich eine sog. Korridorfunktion einrichten. Dabei wird nicht die Stromversorgung zum EVG getrennt, sondern eine Steuerleitung an den Relaisausgang angeschlossen, wodurch sich das Licht regeln lässt. Bei Anwesenheit von Personen wird das Relais geschlossen und liefert sofort volles Licht. Nach der letzten Bewegung einschließlich Verzögerungszeit wird das Licht allmählich auf 10 % gesenkt. Aufgrund der Interferenz zwischen der Frequenz von Leuchtstofflampe und Sensor lassen sich einige Leuchten mit Sensoren und Anschluss für Korridorfunktion lediglich mit 75 %-iger Empfindlichkeit betreiben. Die Master-Leuchte und die Slave-Leuchten haben einen 4-poligen Anschluss. EVG sind Tridonic Excel One4all oder ECO–lp T5 (für Kompaktleuchtstofflampen ausschließlich One4all). In Sonderfällen lassen sich One4all-Geräte auch für andere Funktionen programmieren.



Deckenmontage mit max. Empfindlichkeit. Die Empfindlichkeit lässt sich in vorgegebenen Stufen auf 20, 30, 50, 75 und 100 % einstellen.

Auf den Produktseiten sind für zahlreiche Funktionen Zusatznummern angegeben. Sie können die Bestellnummer für eine Leuchte mit der gewünschten Zusatznummer kombinieren. Beachten Sie, dass jeweils lediglich eine Zusatznummer angegeben werden kann. Nachfolgend wird eine Erklärung der Zusatznummern für die Lichtregelung aufgeführt. Zum Kombinieren von mehreren Funktionen wenden Sie sich bitte an unserer Vertriebsabteilung.

Zusatznummer EVG-Dim DALI	
-133	DALI
-136	DALI
-223	DALI
-368	DALI. Fabrikatunabhängig. Es wurden keine Sonderfunktionen definiert.
-299	Excel one4all. DALI, DSI, switchDIM, smartDIM Sensor, Korridorfunktion, programmierbar Speicherfunktion „E-power“ (Power on last level).
-400	iDim EVG. DALI, Switchcontrol, programmierbar Speicherfunktion „Power on last level”.

Je nach Leuchtenkonstruktion kann die Zusatznummer für dieselbe Funktion variieren.

Zusatznummer EVG-Dim DSI/switchDIM	
-60	DSI/switchDIM für Pleiad
-138	DSI/switchDIM für Kompaktleuchtstofflampen
-300	DSI/switchDIM für Leuchten mit geraden Leuchtstofflampen

Zusatznummer EVG-Dim Phasenpulssteuerung	
-409	Phasenpulssteuerung, ein Zugdimmer. Fabrikatunabhängig.
-410	Phasenpulssteuerung, zwei Zugdimmer. Fabrikatunabhängig.

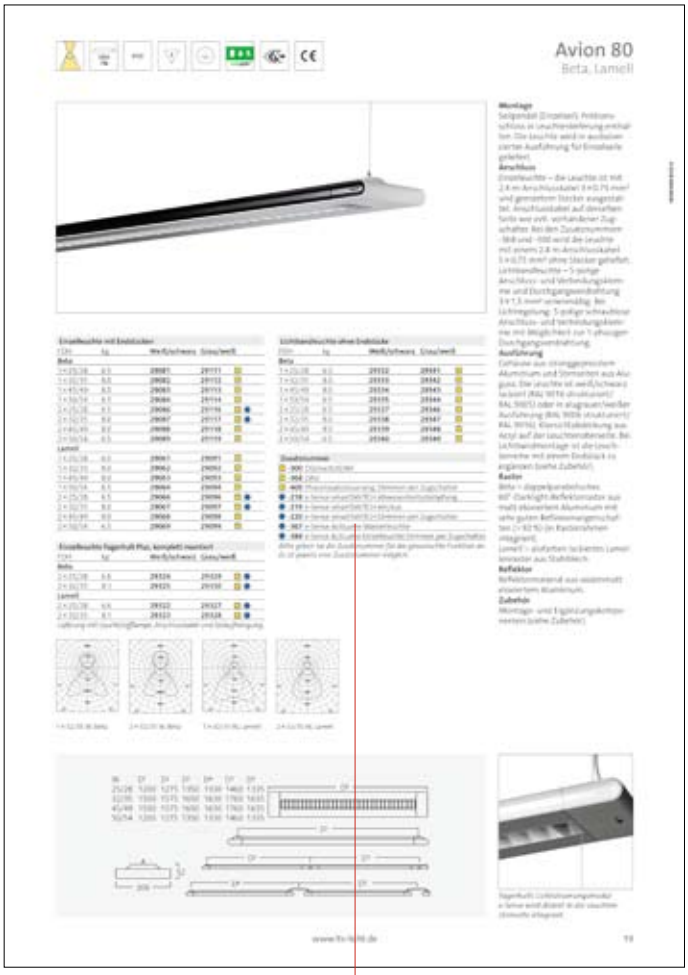
Zusatznummer EVG-Dim 1–10 V	
-61	1–10 V
-81	1–10 V
-205	1–10 V. Fabrikatunabhängig.

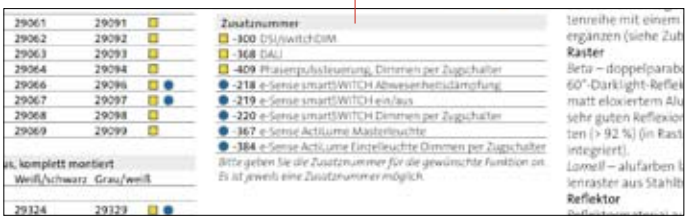
Je nach Leuchtenkonstruktion kann die Zusatznummer für dieselbe Funktion variieren.

Zusatznummer Fagerhult e-Sense	
-367	e-Sense ActiLume Masterleuchte. Sensor im Leuchtengehäuse. Masterleuchte geeignet für Klassenzimmer usw.
-382	e-Sense ActiLume Masterleuchte. Sensor im Beta-Raster. Masterleuchte geeignet für Klassenzimmer usw.
-384	e-Sense ActiLume Einzelleuchte mit Sensor im Leuchtengehäuse. 1 Zugdimmer.
-385	e-Sense ActiLume Einzelleuchte mit Sensor im Beta-Raster. 1 Zugdimmer.
-217	e-Sense ActiLume zur Montage im Leuchtengehäuse. Klemmen für DALI 1- und DALI 2-Ausgänge. Diese sind bei Pendelleuchten mit einem Zugdimmer versehen.
-308	Wie oben, jedoch zur Montage der Sensoreinheit in Beta-Raster.
-218	e-Sense smartSWITCH Abwesenheitsdämpfung zur Montage im Leuchtengehäuse, regelbare EVGs, 4-polige Klemme zur Weiterschaltung des Steuersignals
-309	Wie oben, jedoch zur Montage des Sensors in Beta-Raster
-219	e-Sense smartSWITCH Ein/Aus zur Montage im Leuchtengehäuse. Ohne Weiterschaltung des Steuersignals. (Standard-EVG, also nur Ein-/Ausschaltung = Anwesenheitsmelder.)
-314	Wie oben, jedoch zur Montage des Sensors in Beta-Raster
-220	e-Sense smartSWITCH zur Montage im Gehäuse, regelbare EVGs Bei Pendelleuchten erfolgt die Lichtregelung über Zugdimmer. 1 Schalter (1 Gerät) für 1- und 2-Lampen, 2 Schalter (2 Geräte) für 3-Lampen.
-315	Wie oben, jedoch zur Montage des Sensors in Beta-Raster

Zusatznummer Präsenzerfassung	
-357	Präsenzerfassung ein/aus. Es lassen sich fünf Slave-Leuchten anschließen.
-358	Präsenzerfassung Abwesenheitsdämpfung für FDH. Es lassen sich weitere Slave-Leuchten anschließen. [1)]
-359	Präsenzerfassung mit Abwesenheitsdämpfung für sonstige Leuchtmittel. Es lassen sich weitere Slave-Leuchten anschließen. [1)]

[1)] Siehe Seite 429 für nähere Informationen zur zulässigen Anzahl Slave-Leuchten.




Zusatznummer
-300 DSI/switchDIM
-368 DALI
-409 Phasenpulssteuerung, Dimmen per Zugschalter
-218 e-Sense smartSWITCH Abwesenheitsdämpfung
-219 e-Sense smartSWITCH ein/aus
-220 e-Sense smartSWITCH Dimmen per Zugschalter
-367 e-Sense ActiLume Masterleuchte
-384 e-Sense ActiLume Einzelleuchte Dimmen per Zugschalter
Bitte geben Sie die Zusatznummer für die gewünschte Funktion an.
Es ist jeweils eine Zusatznummer möglich.

In der Leuchtentabelle wird angegeben, welche Zusatzfunktionen zu welcher Leuchtenvariante passen. In der Zusatznummerntabelle sind die Zusatzfunktionen angegeben. Wählen Sie die gewünschte Leuchte sowie Zusatzfunktion aus und kombinieren Sie die Bestellnummer für die Leuchte mit der Zusatznummer.

Beispiel:

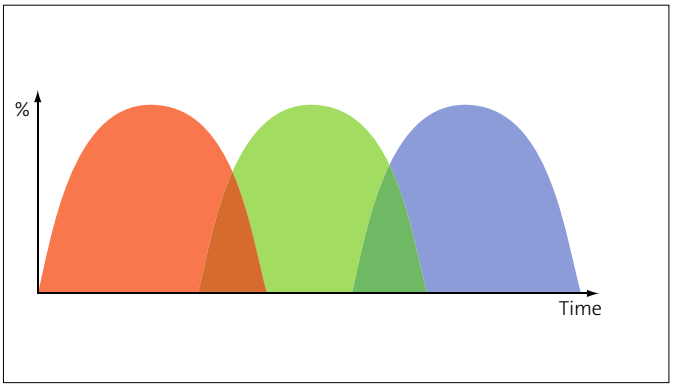
Einzelleuchte Avion 80 Beta 2 × 32/35 W weiß/schwarz mit DSI/switchDIM, Bestellnummer **29087-300.**

Je nach Leuchtenkonstruktion sind Sensor bzw. Sensoreinheit unterschiedlich montiert. Bei Leuchten mit Beta-Raster befindet sich der Sensor oftmals im Raster. Bei anderen Rastervarianten sind Sensor bzw. Sensoreinheit im Leuchtengehäuse untergebracht.

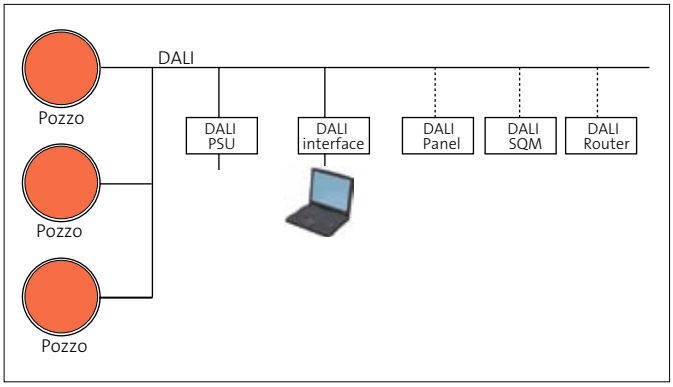
Leuchten mit automatischer oder programmierbarer Regelung

LEDs sind als fertige Leuchtmittel in verschiedenen Farben erhältlich. Die vorrangige und gebräuchlichste Farbe von LEDs ist Rot. Diese wird in der Regel mit Grün und Blau und in Ausnahmefällen auch mit Gelb kombiniert (zur Erzeugung eines wärmeren weißen Lichts). LEDs mit den Farben Rot, Grün und Blau (RGB) werden im Allgemeinen für farbveränderliche Systeme eingesetzt. Durch Mischen und Kombinieren dieser drei Farben mit unterschiedlicher Stärke lassen sich rund 65000 verschiedene Farben erzeugen. Zur eigenständigen Erzeugung von Farben ist eine Form von Steuereinheit bzw. eine Schnittstelle für Software erforderlich, die über DALI oder DMX 512 kommuniziert.

Leuchten vom Typ Pozzo mit RGB-Steuerung und Schnittstelle für DALI werden mitsamt automatischer Sequenzsteuerung geliefert. Sobald der Strom an das LED-Modul der Leuchte angeschlossen wird, startet die Sequenz. Pozzo besitzt getrennte Anschlüsse für Leuchtstofflampen und LED, wodurch man mit zwei Schaltern zwischen normalem Leuchtstofflampen-Licht und RGB-Steuerung wählen kann. Aufgrund des Unterschiedes in der Lichtintensität ist die RGB-Steuerung bei eingeschalteter Leuchtstofflampe kaum wahrnehmbar. Sind in einem Raum mehrere Leuchten mit automatischer Sequenzsteuerung angebracht, erkennt man nach einiger Zeit einen Unterschied zwischen den verschiedenen Sequenzen, da die Farben unregelmäßig wechseln.



Beispiel für eine automatische RGB-Sequenz.



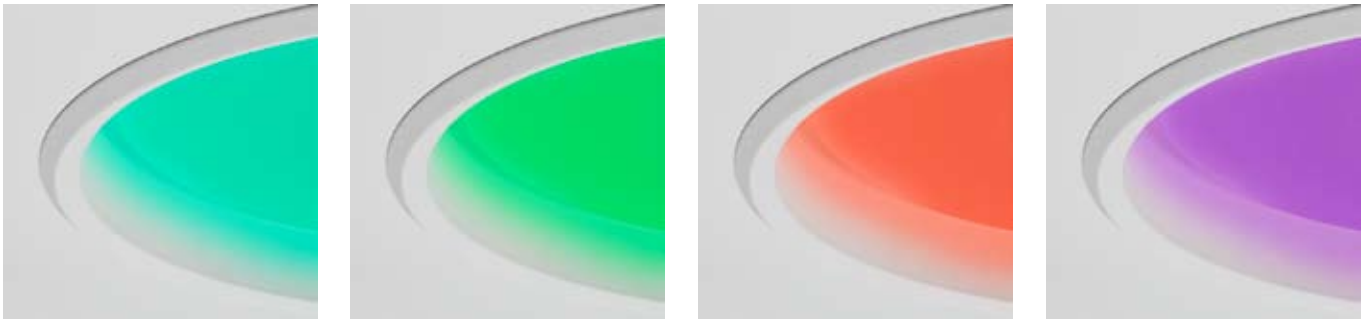
Die Programmierung erfolgt per PC mit Software von Helvar oder Tridonic.

Programmierbare RGB-Steuerung

Wenn das Schnittstellenmodul von Pozzo an ein DALI-System mit externer Stromversorgung und Software angeschlossen wird, schaltet sich die automatische Sequenzsteuerung aus. Die drei Kanäle für Rot, Grün und Blau fungieren danach als standardmäßige DALI-Lasten.

Jede Farbe wird zu einer DALI-Adresse, weshalb 10 RGB-Steuerungen logischerweise 30 DALI-Adressen erhalten. Die Steuerung lässt sich auf verschiedene Weise handhaben. Soll die automatische Sequenzsteuerung fortgesetzt werden, kann ein DALI SQM zur Steuerung sämtlicher Einheiten verwendet werden.

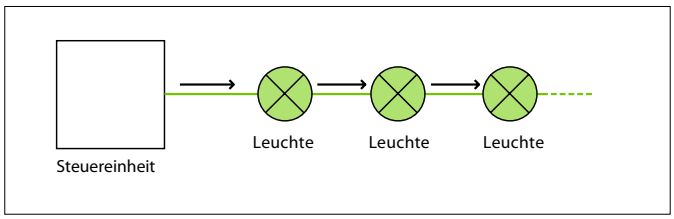
Sollen vorgegebene Szenarien nach erfolgter Programmierung manuell gesteuert werden, eignet sich dafür ein Tasten-Bedienfeld, wie z. B. das DALI-Membranbedienfeld mit 4 Lichtszenarien und Ausschaltfunktion. Bei erweiterter Regelung lässt sich zur Steuerung sämtlicher möglicher Funktionen ein DALI-Router verwenden.



Erhält eine RGB-Leuchte Strom, startet der Farbwechsel der Sequenzsteuerung automatisch. Wird eine bestimmte Farbe gewünscht, lassen sich die Leuchten (bzw. die Leuchte) in einem Raum so programmieren, dass genau die gewünschte Farbe aufleuchtet. Es ist auch ein gleichzeitiger Wechsel aller Farben möglich. Des Weiteren lassen sich über ein Bedienfeld unterschiedliche Beleuchtungsszenarien erzeugen.

Das Standardprotokoll DMX 512 wurde ursprünglich für die Lichtpult-Steuerung von Beleuchtung und Dimmern in Theatern entwickelt. Die hohe Übertragungsrate stellt gewisse Anforderungen an die Installation sowie an die Wahl von Kabeln und Anschlüssen.

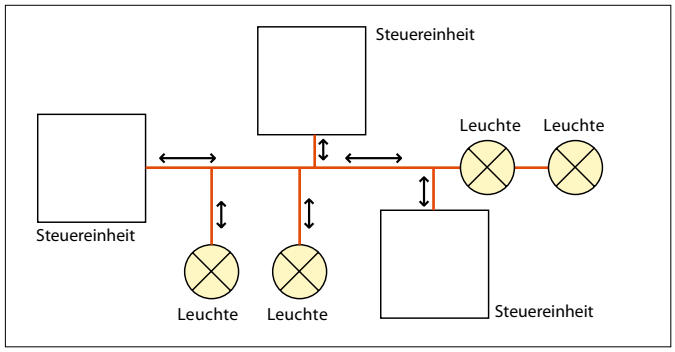
Heutzutage findet die DMX-Steuerung aufgrund der Weiterentwicklung von Leuchtmitteln und des Bedarfs an farbigem Licht, z. B. im Außenbereich, auf anderen Gebieten Anwendung. Oftmals werden DMX, RGB und LED miteinander gleichgesetzt. DMX lässt sich vereinfacht so beschreiben, dass eine Steuerungseinheit sämtliche Lasten steuert



DMX ist ein zentrales Steuersystem.

DMX und DALI im Vergleich

Beim Vergleich zwischen DMX und DALI überwiegen die Unterschiede gegenüber den Übereinstimmungen. Bei der Entwicklung von DALI lag der Schwerpunkt auf energieeffizienter Beleuchtung mit Leuchtstofflampen in öffentlichen Bereichen, in denen sich Menschen aufhalten und Arbeit verrichten. Trotz der Eingeschränktheit von DALI war der Erfolg des Systems groß. Der entscheidende Vorteil liegt in seiner Einfachheit. Sämtliche Lasten – oder Teile davon – lassen sich anhand mehrerer Steuereinheiten steuern.



DALI ist ein dezentrales Steuersystem.

Vergleich DALI/DMX

Steuerungsprotokoll	DALI	DMX
Geschwindigkeit	Langsam	Schnell
Anzahl Adressen	64	512
Mehrere Einheiten mit derselben Adresse	Nein [1]	Ja
Automatische Adressierung	Ja	Nein [2]
Zentrale Steuerung	Nein	Ja
Dezentrale Steuerung	Ja	Nein
Kabellänge	300 m	300 m
Anforderungen an Kabel	Nein	Ja, Cat5
Abschlusswiderstand	Nein	Ja

[1] *Konverter für 1–10 V gebräuchlich.*
[2] *RDM-Leuchten lassen sich mit Software programmieren.*

Weiterentwicklung von DMX

DMX ist auch als kürzlich aktualisierte Version, RDM, erhältlich, bei der sich die Lasten über die DMX-Verkabelung adressieren lassen. Hierfür ist eine korrekte Wahl von Lasten und Software unerlässlich. Die gebräuchlichste Art der Adressierung von DMX ist mit DIP-Switch-Einstellung an jeder einzelnen Einheit.

Installationen

Bei festen Installationen lässt sich die DMX-Montage ausgezeichnet mit Standardnetzwerkkabeln ausführen, die normalerweise für Computer verwendet werden. Ursprünglich waren die DMX-Kabel und die Anschlüsse für Theaterräume ausgelegt, sodass sie zu viele Variationen boten und unnötig robust waren. Fagerhult bevorzugt den Einsatz von Cat5-Anschlüssen. Daher empfehlen wir Kabel desselben Standards.

Grundregeln bei der Installation

Zur Erhaltung einer zuverlässigen Anlage müssen bei der Installation unbedingt die Empfehlungen befolgt werden.

- Netzwerkkabel für Cat5 oder höher.
- Kabel immer von Einheit zu Einheit anschließen.
- Niemals Verzweigungen oder geschlossene Kreise erzeugen.
- Nie den Abschluss mit einer ungenutzten Kabelschleife machen.
- Bei über 20 Lasten ist ein MUX (Verteilereinheit) zu verwenden.

Daisy chain

Auf Englisch bezeichnet der technische Ausdruck ”daisy chain”, wie man Einheiten in Reihenschaltung anschließt – wobei eigentlich alle Einheiten parallel geschaltet werden. Dies trifft auf DMX exakt zu. Und wie zu sehen ist, befinden sich an Fagerhults Pleiad LED Wallwasher zwei Anschlüsse. Hierdurch wird die Installation vereinfacht. Weitere Anschlüsse sind leichter möglich.

Bei umfangreichen Installationen muss auch die Schleife mit einem Abschlusswiderstand an der Leuchte ausgeglichen werden, die am weitesten von der Steuereinheit entfernt ist.

Bei Fragen zur Montage Ihrer Anlage können Sie sich gern jederzeit an unsere Vertriebsabteilung wenden.

Colour Chaser Touch.

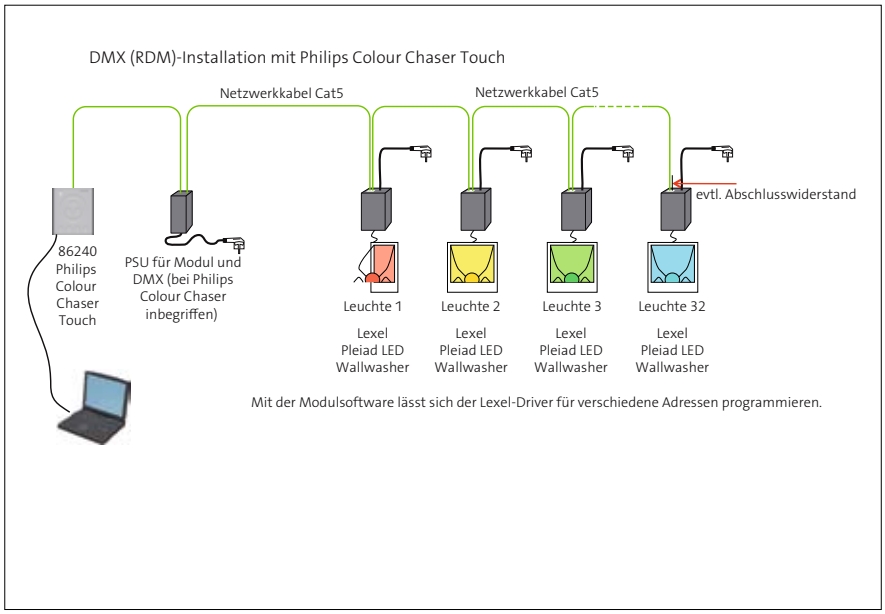
ToBeTouched RGB.

ToBeTouched White.

DMX-Komponenten

Steuermodule		
Philips Colour Chaser Touch	Steuermodul einschl. PSU	**86240**
Philips ToBeTouched RGB	Steuermodul RGB	**86241**
Philips ToBeTouched White	Steuermodul Farbtemperaturänderung	**86242**

Stromversorgungseinheit		
PSU	Stromversorgung für ToBeTouched-Module. 1 Modul, DIN-Schiene	**86243**

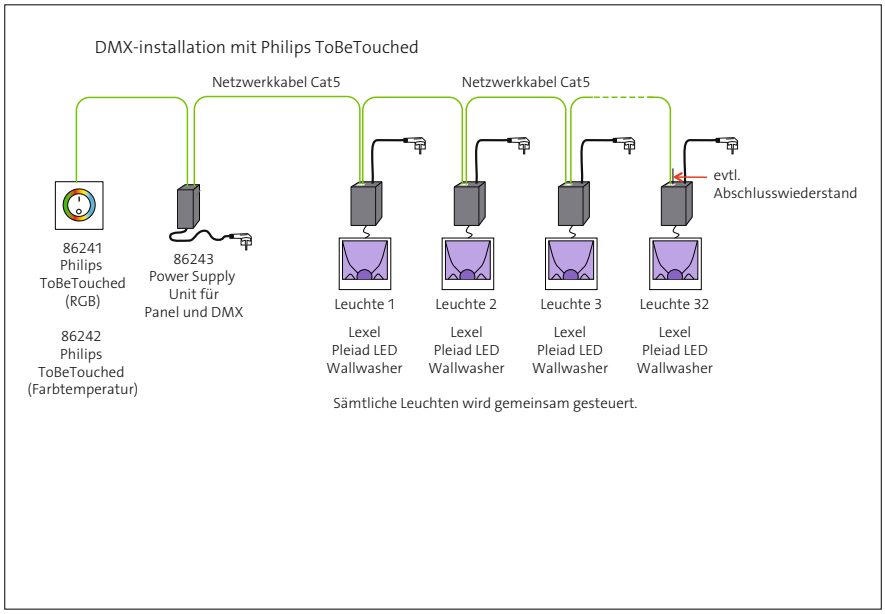

DMX (RDM)-Installation mit Philips Colour Chaser Touch
Netzwerkkabel Cat5
Netzwerkkabel Cat5
evtl. Abschlusswiderstand
86240 Philips Colour Chaser Touch
PSU für Modul und DMX (bei Philips Colour Chaser inbegriffen)
Leuchte 1
Leuchte 2
Leuchte 3
Leuchte 32
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Mit der Modulsoftware lässt sich der Lexel-Driver für verschiedene Adressen programmieren.

Die DMX-Steuerung mit Philips Colour Chaser Touch bietet umfangreiche Möglichkeiten zur persönlichen Programmierung von Lichtfunktionen.

Das Modul wird über eine Standard-Gerätesteckdose oder direkt an der Wand angebracht. Stromversorgungseinheiten werden z. B. oberhalb von abgehängten Decken platziert.

Die Installation ist einfach. Zwischen Steuermodul und Lastpunkten kommen normale Netzwerkkabel zum Einsatz. 230 V werden direkt an jedes Leuchtmittel bzw. jede Antriebseinheit angeschlossen. Leuchten mit Adressierung über DIP-Schalter lassen sich mit Leuchten für RDM-Adressierung kombinieren (mit Software).

Colour Chaser Touch 86240:
- *Touch-Schalter für EIN/AUS*
- *Speicherung von vier Voreinstellungen/Lichtszenarien*
- *Manuelle Änderung der Farbe (C), Intensität (I) und Farbsättigung (S).*
- *Software für anspruchsvolle Beleuchtung – RDM-Adressierung von Leuchtmitteln*
  - *Einfacher Aufbau von Lichtsequenzen mit vielen Voreinstellungen des Farbthemas.*
  - *Die Farbgebung ist von Abbildungen übertragbar.*
  - *USB- Anschluss des Colour Chaser Touch-Moduls an den Computer.*



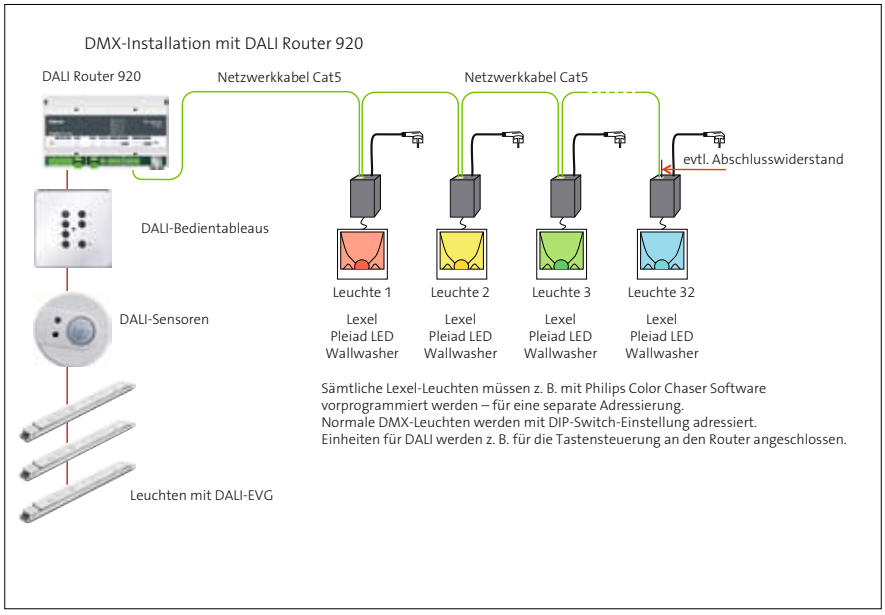
Philips ToBeTouched ermöglicht eine einfache Bedienung bei der Einstellung von Licht und Farbe. Dank des intuitiven Moduldesigns erklären sich die Funktionen von selbst, sodass sich das gewünschte Licht mit passender Farbgebung leicht einstellen lässt.

Das Modul wird über eine Standard-Gerätesteckdose oder direkt an der Wand angebracht. Stromversorgungseinheiten werden z. B. oberhalb von abgehängten Decken platziert.

Die Installation ist einfach. Zwischen Steuermodul und Lastpunkten kommen normale Netzwerkkabel zum Einsatz. 230 V werden direkt an jedes Leuchtmittel bzw. jede Antriebseinheit angeschlossen. Leuchten mit Adressierung über DIP-Schalter lassen sich mit Leuchten für RDM-Adressierung kombinieren. Sämtliche Einheiten werden gemeinsam gesteuert.

ToBeTouched 86241 (für volle Farbkontrolle):
- *Touch-Schalter für EIN/AUS.*
- *Speicherung von zwei Voreinstellungen.*
- *Manuelle Änderung der Farbe (C), Intensität (I) und Farbsättigung (S).*

ToBeTouched 86242 (für volle Kontrolle über die Farbtemperatur):
- *Touch-Schalter für EIN/AUS.*
- *Speicherung von zwei Voreinstellungen.*
- *Manuelle Änderung der Farbtemperatur zwischen 2500–6500 K.*


DMX-Installation mit DALI Router 920
DALI Router 920
Netzwerkkabel Cat5
Netzwerkkabel Cat5
evtl. Abschlusswiderstand
DALI-Bedientableaus
DALI-Sensoren
Leuchten mit DALI-EVG
Leuchte 1
Leuchte 2
Leuchte 3
Leuchte 32
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Lexel Pleiad LED Wallwasher
Sämtliche Lexel-Leuchten müssen z. B. mit Philips Color Chaser Software vorprogrammiert werden – für eine separate Adressierung.
Normale DMX-Leuchten werden mit DIP-Switch-Einstellung adressiert.
Einheiten für DALI werden z. B. für die Tastensteuerung an den Router angeschlossen.

Steuerung über Helvar DALI Router 920. Die Einheit besitzt einen Anschluss für die DMX-Steuerung von Lasten, die sich mit DALI-Steuerung kombinieren lässt. Hierdurch ist die Integration einer modernen RGB-Steuerung über DMX mit normaler Leuchtstofflampenbeleuchtung und Kontrollfunktionen möglich. Die Steuerung von DMX ist normalerweise auf eine Steuereinheit begrenzt. Dank dieser Lösung lässt sich jedoch die gesamte Beleuchtung auf energieeffizientere und bedienungsfreundliche Weise steuern.

- *Manuelle Steuerung per Tastendruck.*
- *Sensoren zum Ein-/Ausschalten usw.*
- *Volle Kalenderprogrammierung. Das Licht lässt sich detailliert auf bestimmte Daten und Ereignisse einstellen.*
- *Flexible Lösung für Leuchtmittel.*

Bei einer LED, Light Emitting Diode – zu Deutsch: Licht emittierende Diode, oder auch Leuchtdiode – handelt es sich um einen Halbleiter, der durch Stimulation Licht abgibt (durch sog. Elektrolumineszenz).

Der Halbleiter hat zwei Bereiche, eine n-dotierte Seite mit einem Elektronenüberschuss und eine p-dotierte Seite mit einem Elektronenmangel. Im Grenzbereich – beim p-n-Übergang – entsteht bei einem Rekombinationsprozess Licht. Dieser Prozess wird ausgelöst, wenn Gleichstrom an den Halbleiter angelegt wird und Elektronenüberschuss und -mangel ausgeglichen werden. Welche Farbe das Licht hat, hängt davon ab, welches Material bei der Herstellung der Diode verwendet wurde. Die Grundfarben sind Rot, Orange, Grün und Blau in verschiedenen Schattierungen. Leuchtdioden sind als kleine Einzelelemente erhältlich, die an einer Leiterplatte montiert werden müssen. Es gibt jedoch auch Leiterplatten, auf denen mehrere Dioden eng nebeneinander angebracht sind. Letztere werden als LED-Module bezeichnet.

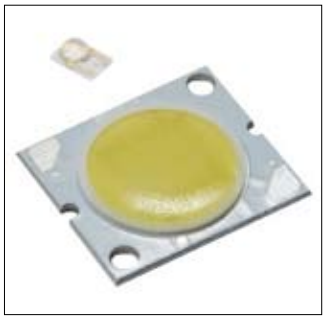
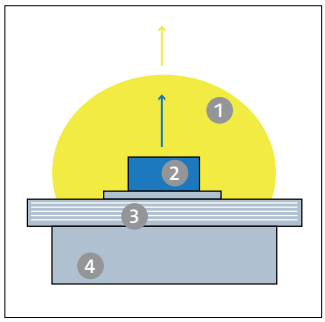


Abbildung von Einzeldiode und LED-Modul.

LED in Weiß



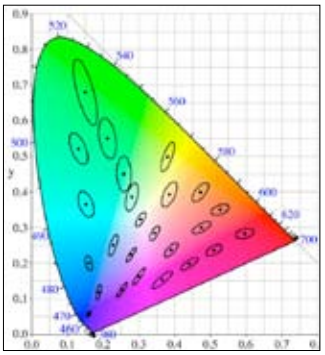
Umwandlungsprinzip durch Phosphor
1. Phosphor
2. InGaN LED-Chip
3. PCB
4. Wärmeableiter (Heat sink)

Weißes Licht erhält man, indem man eine blaue Leuchtdiode mit einer Fluoreszenz-Schicht versieht, die einen Teil der Strahlung in gelbes Licht umwandelt. Dieser Prozess ähnelt dem in einer normalen Leuchtstofflampe. Die Fluoreszenz-Schicht kann entweder direkt auf der Diode oder mithilfe einer externen Scheibe außerhalb angebracht werden. Die Lichtqualität wird durch die Eigenschaften der blauen LED bestimmt und dadurch, wie genau die Fluoreszenz-Schicht an die jeweilige Diode angepasst ist.

Weiße Dioden sind mit einer Vielzahl von Farbtemperaturen von warmweiß bis sehr kalt erhältlich (2700–8000 K). Da als Basis für weißes Licht eine blaue LED dient, ist die Effizienz bei kälteren Farbtemperaturen höher als bei wärmeren. Der Grund hierfür ist, dass die Fluoreszenz-Schicht für eine wärmere Farbtemperatur einen größeren Teil des ursprünglichen blauen Lichts umwandeln muss. Die Farbwiedergabe (Ra) kann je nach Wahl der LED zwischen 60 und 95 liegen. Ein hoher Ra-Wert spricht oftmals für eine geringere Lichtausbeute.

Farbqualität

Die Farbqualität einer LED, also die Genauigkeit ihrer Farbtemperatur, wird am besten anhand der MacAdam-Ellipsen des CIE-(1964-)Farbsystems wiedergegeben. CIE 1964 bezieht sich stärker auf Leuchtdioden, während CIE 1931 auf herkömmliche Leuchtmittel eingeht. Der Wert, zum Beispiel MacAdam 3 SDCM, beschreibt, wie groß die Ellipse ist, also was für eine Abweichung von der nominalen Farbtemperatur (z. B. 3000 K) erwartet werden kann. Je niedriger der Wert, desto geringer die Verteilung. In der Regel ist die LED dann auch teurer.



Es ist wichtig, nicht nur den Wert im Neuzustand zu berücksichtigen, sondern auch zu prüfen, ob sich die Lichtqualität im Laufe der erwarteten Produktlebensdauer verändern kann. Einige Dioden bieten in den ersten tausend Stunden eine sehr hohe Farbqualität, nehmen danach jedoch stark ab. Auch die Leuchtenkonstruktion ist ein zu beachtender Faktor: Die LEDs können evtl. schlecht gekühlt oder zu intensiv betrieben werden. Für Außenumgebungen reicht oftmals ein MacAdam-Wert von 7, während im Innenbereich in der Regel MacAdam 5 oder 3 erforderlich ist. Zum Vergleich: Eine T5-Leuchtstofflampe liegt bei MacAdam 4.

Umwelt

Leuchtdioden geben weder Ultraviolett- (UV) noch Infrarotstrahlung (IR) ab. Aus diesem Grunde eignet sich das Leuchtmittel sehr gut für Umgebungen, in denen man UV- und IR-Strahlung vermeiden will, beispielsweise in Museen und im Lebensmittelbereich. Ein weiterer Vorteil von Leuchtdioden besteht darin, dass sie keine beweglichen oder empfindlichen Teile enthalten. Korrekt konstruierte LED-Leuchten sind robust und gegen Schwingungen sowie mechanische Belastung sehr gut beständig. Des Weiteren sind Leuchtdioden frei von Quecksilber.

Lichtausbeute und Binnings

Die Lichtausbeute von Leuchtdioden wird in lm/W (Lumen pro Watt) als Maß für die Effizienz angegeben. Die Weiterentwicklung der Leuchtdioden in puncto Effizienz verläuft in rapidem Tempo. Heute liegt die Lichtausbeute von weißen Leuchtdioden bereits auf demselben Niveau wie die herkömmlicher Leuchtstofflampen. Durch die verbesserte Lichtausbeute werden immer mehr Beleuchtungslösungen und Anwendungen ermöglicht. Es ist jedoch wichtig, zwischen den Daten für einzelne Leuchtdioden und für komplette Leuchtenlösungen zu unterscheiden.

Die von den LED-Herstellern gemachten Angaben beziehen sich in der Regel auf die maximale Lichtausbeute einer kalten Leuchtdiode. Dabei werden keine Verluste durch erhöhte Temperatur, den Eigenverbrauch des Vorschaltgeräts oder Verluste in Reflektoren bzw. Linsen berücksichtigt.

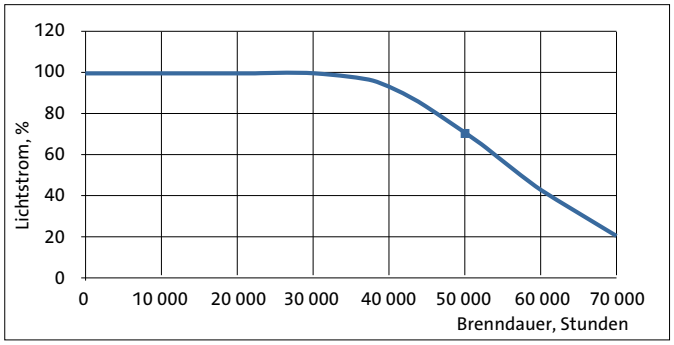
Die Lichtausbeute für eine schlecht konstruierte bzw. von einem schlechteren VG gespeiste LED-Leuchte kann sich im Vergleich zum Nennwert für Leuchtdioden halbieren. Die Lichtausbeute ist daher nur relevant, wenn sie sich auf das gesamte System bezieht.

Bedingt durch den Herstellungsprozess können bei Leuchtdioden Unterschiede in Farbtemperatur und Lichtstrom auftreten. Diese Unterschiede können so groß sein, dass eine Einteilung in verschiedene abgestufte Klassen erforderlich ist. Diese Klasseneinteilung bezeichnet man als Binning. Hersteller von Leuchtdioden teilen ihre Produktionsergebnisse in verschiedene Leistungskategorien ein. Je enger die Wahl, d. h. wenn nur Leuchtdioden von einem Binning gewählt werden, desto gleichmäßiger die Qualität der Produkte. Die Nachteile bei dieser Vorgehensweise sind jedoch steigende Preise und ein sinkendes Angebot. Im Regelfall versucht man daher, Dioden aus einer Reihe benachbarter Binnings zu wählen.

Lebensdauer

Eine LED-Leuchte kann eine sehr lange Lebensdauer haben, insofern sie aus qualitativ hochwertigen Komponenten besteht und ihre Konstruktion gut durchdacht ist. Leuchtdioden gehen sehr selten kaputt. Was jedoch passieren kann, ist, dass der Lichtstrom im Laufe der Betriebsdauer abnimmt.

Die erwartete Lebensdauer wird als der Zeitraum festgehalten, bis die



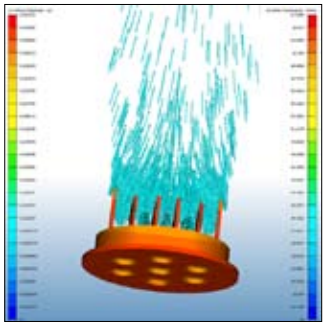
Die erwartete Lebensdauer wird als der Zeitraum festgelegt, bis die Leuchte nur noch 70 % des Lichtstroms vom Neuzustand emittiert, in diesem Fall 50 000 Stunden.

Leuchte nur noch 70 % des Lichtstroms vom Neuzustand emittiert. Angegeben wird sie als L_{70} und einer Stundenzahl. Die Standardlebensdauer für die meisten LED-Leuchten beträgt L_{70} 50 000 Stunden, wobei die Werte nach oben und unten abweichen können. Wie lange die erwartete Lebensdauer ist, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, z. B.:

- Wahl der Leuchtdiode (Fabrikat und Typ).
- Intensität des Betriebs (Stärke des Stroms).
- Leuchtenkonstruktion (in Bezug auf die Temperatur von Leuchtdiode bzw. LED-Modul).
- Wahl des Vorschaltgeräts (Drivers).
- Verwendung der Leuchte.
- Sonstige Materialien in der Konstruktion.
- Umfeld, in dem das Produkt installiert wird.

Fagerhult verwendet ausschließlich Dioden und LED-Module von großen, renommierten Herstellern. Wir achten darauf, dass sie hinsichtlich Lebensdauer und Effizienz optimal betrieben werden. Die größten negativen Auswirkungen hat eine zu hohe Temperatur. Bei der Entwicklung von LED-Leuchten achten wir darauf, dass die Temperatur der eingesetzten Komponenten einerseits den Angaben des Herstellers entspricht und andererseits unsere eigenen Anforderungen erfüllt.

Diese Anforderungen stellen wir seit Langem auch an alle übrige Elektronik, wie EVGs und Notlichtaggregate. Sie beinhalten, dass wir bei der Messung der t_c-Temperatur von LED-Modulen bzw. bei der Berechnung der Temperatur t_j von Leuchtdioden eine Sicherheitsspanne hinzurechnen, um sicherzustellen, dass die angegebene erwartete Lebensdauer auch wirklich erreicht wird. Die Erzeugung dieser Spanne kann oftmals ohne zusätzliche Kosten für das Produkt erfolgen, da dies bereits früh im Entwicklungsstadium bedacht wird. Zur Optimierung der Konstruktion bedienen wir uns einer Software zur Simulierung von Temperaturen. Die Kontrolle der Berechnung erfolgt mithilfe einer Wärmebildkamera an Leuchten-Prototypen. Bei der Kontrolle bzw. Prüfung wird die Leuchte so installiert, wie vom Endkunden vorgesehen.



Lichttechnik

Eine weitere Herausforderung ist es, die Blendung von LED-Leuchten auf einem akzeptablen Level zu halten. Die Leuchtdichte von Leuchtdioden und LED-Modulen kann bei ca. 350 000 cd/m² liegen. Zum Vergleich: Eine Standard-T5-Leuchtstofflampe hat eine Leuchtdichte von 17 000 cd/m². LED-Leuchten mit hohem Lichtstrom, die für die Verwendung in einem normalen Arbeitsumfeld vorgesehen sind, benötigen daher eine Leuchtenkonstruktion, bei der der Schwerpunkt auf hoher Effizienz liegt, bei der jedoch auch auf eine angemessen niedrige Leuchtdichte geachtet wurde.

Fast immer muss das Licht einer Diode bzw. eines LED-Moduls mit Reflektoren, Linsen oder einer anderen Form von streuendem Material geregelt/gesteuert werden. Linsen sind in der Regel direkt mit dem jeweiligen Fabrikat und Leuchtdiodentyp verbunden. Die Wahl der Reflektormaterialien und Linsen wirkt sich entscheidend auf die Effizienz der Leuchte aus.

Vorschaltgeräte

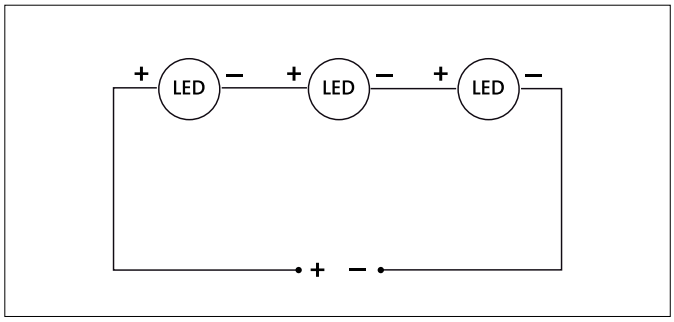
Für den Betrieb von Leuchtdioden und LED-Modulen sind speziell angepasste Vorschaltgeräte erforderlich, die oftmals als Driver bezeichnet werden und eine Netzspannung von 230 V in geeignete Werte für den Komponentenbetrieb umwandeln. Dabei ist darauf zu achten, dass das Vorschaltgerät für den Betrieb von Leuchtdioden vorgesehen und zugelassen ist. Obwohl einige LEDs mit herkömmlichen Transformatoren betrieben werden können, ist es möglich, dass diesen bestimmte Arten von Schutz fehlen, wie z. B. ein Kurzschlussschutz, sodass sie Personenschäden verursachen können. Ein weiterer Vorteil von angepassten Vorschaltgeräten ist deren SELV-Ausführung, wodurch die eigentlichen Dioden bzw. Leuchtenteile nicht gegen Berührung geschützt zu werden brauchen.

Es kommen in erster Linie zwei Arten von Betrieb für LED-Module/-Leuchten zur Anwendung: mit konstantem Strom oder mit konstanter Spannung.

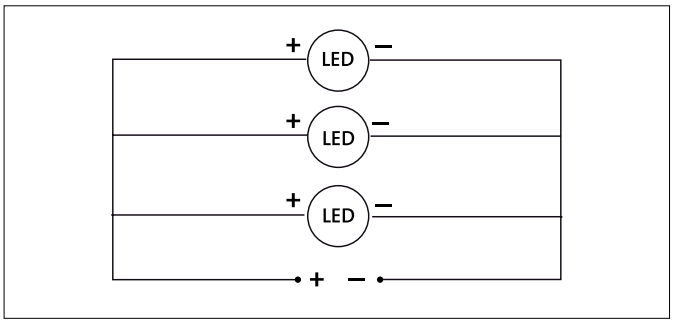
Beim Konstantstrombetrieb werden die angeschlossenen Dioden, wie die Bezeichnung schon sagt, mit konstantem Strom betrieben, in der Regel mit 350, 500, 700 oder 1050 mA. Die Spannung in der Schaltung hängt von der Anzahl der in Reihe geschalteten Dioden ab. Jede Diode hat eine Durchgangsspannung. Bei Reihenschaltung addiert sich diese Durchgangsspannung gemäß der Anzahl Dioden. Ein Downlight mit 3 Dioden für den Betrieb mit einem Vorschaltgerät mit Konstantstrom erhält eine Sekundärspannung von ca. 9 V DC (3 × 3 V). Werden mehrere Leuchten in Reihe an ein gemeinsames Vorschaltgerät angeschlossen, ist die Spannung mit der Anzahl Leuchten zu multiplizieren.

Die Begrenzungen durch SELV bedeuten, dass nicht endlos viele Dioden in Reihe geschaltet werden können, da die Sekundärspannung ansonsten zu hoch wird. Darüber hinaus ist es nicht sicher oder wahrscheinlich, dass das Vorschaltgerät in der Lage ist, so viel Ausgangsspannung bzw. -leistung zu bieten.

SELV-Auflagen aus der Norm EN 60598-1 ("Leuchten"): Für Leuchten mit IP 20 gilt eine Höchstspannung von 60 V DC und für Leuchten mit einer Schutzart über IP 20 eine Höchstspannung von 30 V DC. Dies unter der Voraussetzung, dass die Dioden berührbar sind. Sind sie geschützt, beträgt die zulässige Höchstspannung 120 V DC. Dabei sind jedoch immer die Zertifizierung der Leuchte und die empfohlenen Vorschaltgeräte zu berücksichtigen.



Bei Konstantstrombetrieb sind die LEDs in Reihe an das Vorschaltgerät angeschlossen.



Bei Konstantspannungsbetrieb sind die LEDs parallel an das Vorschaltgerät angeschlossen.

Konstantspannung wird oftmals für LED-Produkte mit einer großen Anzahl Dioden eingesetzt, z. B. für LED-Leisten oder LED-Produkte mit Leuchtlinienfunktion. Die konstante Spannung beträgt meistens 8, 10, 12, 24 oder 48 V DC. Es lassen sich mehrere LED-Produkte parallel an ein gemeinsames Vorschaltgerät anschließen, insofern dieses für die Belastung ausgelegt ist. Dabei ist der Spannungsabfall in den Leitungen zu beachten, der hier genau so berechnet wird wie bei herkömmlichen Kleinspannungsinstallationen.

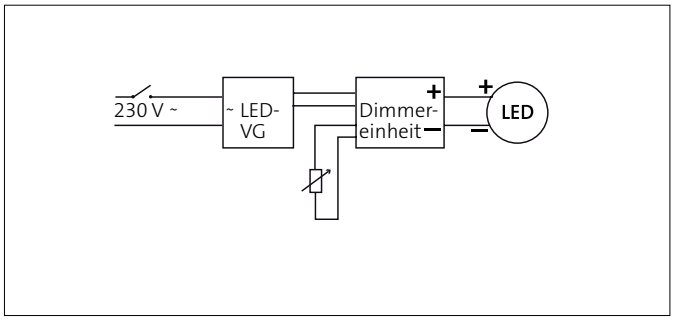
Wahl des richtigen Vorschaltgerätes

Unabhängig von der Art des Betriebs ist es wichtig, dass das Vorschaltgerät an die jeweilige LED-Leuchte angepasst ist. Auch die Polarität muss eingehalten werden, da hier mit Gleichstrom (DC) gearbeitet wird. Ein falsch gewähltes bzw. angeschlossenes Vorschaltgerät kann bei den angeschlossenen LED-Leuchten zu Beschädigungen bzw. Ausfällen führen.

Lichtregelung

Die professionelle Lichtregelung von LEDs erfolgt durch die Verwendung von Vorschaltgeräten mit so genannter Pulsweitenmodulation (oder auch PWM). In dem Fall werden die LEDs mit einer Technik betrieben, die auf einer Rechteckschwingung mit variierender Frequenz beruht. Die angeschlossene Last wird dabei mit hoher Frequenz ein- bzw. ausgeschaltet, was wahrgenommen werden kann, als würde sich das Lichtniveau ändern.

Vorschaltgeräte mit PWM sind mit unterschiedlichen Arten von Steuerprotokollen wie DALI, DSI, DMX 512 und switchDIM erhältlich. PWM-Einheiten sind auch als separate Einheiten erhältlich, die sich zwischen das Vorschaltgerät mit konstanter Spannung und Last schalten lassen.



Dimmereinheit, zB. 99110, wird zwischen LED-Vorschaltgerät 24V DC und Leuchte angeschlossen.

Präsentation von LED-Leuchten

Die Lichtausbeute von Leuchtdioden wird in lm/W (Lumen pro Watt, als Maß für die Effizienz) angegeben und in schnellem Tempo kontinuierlich verbessert. Dies bedeutet, dass sowohl lichttechnische als auch elektrische Daten regelmäßig auf den neuesten Stand gebracht werden müssen. Die von uns in Katalogen präsentierten Daten sind daher immer mit den Angaben auf unserer Website abzugleichen.

Erläuterung der angegebenen Daten

Informationen LED-Leuchte			
Farbtemp. (CCT)	*Ra (CRI)*	*Lebensdauer*	*Farbqualität*
3000 K	*≥ 80*	*L_{70} 50000 h*	*MacAdam 3 SDCM*
4000 K	*≥ 80*	*L_{70} 50000 h*	*MacAdam 3 SDCM*

Weitere Informationen zu LED siehe Kapitel "Technische Informationen".

Jede Produktseite mit LED-Leuchten enthält eine Tabelle, in der wir die Farbtemperatur (CCT), den Farbwiedergabeindex (CRI), die berechnete Lebensdauer L_{70} und die Farbqualität des Produkts in *MacAdam SDCM* (Standard Deviation of Color Matching) angeben. Ist das Produkt mit verschiedenen Farbtemperaturen erhältlich, sind diese gesondert ausgewiesen.

Leuchte					
LED-Modul W, lm	Farbtemp. K	Lichtstrom, lm	Lichtausbeute, lm/W	kg	
7, 500	3000	493	57	0.3	**12345**
7, 500	4000	601	71	0.3	**56789**

Aktuelle Informationen zu Leistungen und Lichtströmen finden Sie auf unserer Website.

Die Tabelle, in der das Produktsortiment präsentiert wird, trägt für LED-Produkte mit standardisiertem LED-Modul die Überschrift *LED-Modul*. In dieser Spalte werden die Nennleistung und der Lichtstrom des LED-Moduls angegeben. Tabellen für LED-Produkte mit anderen Arten von LED-Lösungen werden mit an das Produkt angepassten Daten angeführt. Die Verluste im Vorschaltgerät bzw. in der Leuchtenkonstruktion sind nicht in die Daten einbezogen.

Die Spalten *Lichtstrom* und *Effizienz* enthalten Messwerte einschl. Verluste durch Temperaturentwicklung, Vorschaltgeräte und Optik. Bei der Verwendung eines anderen Vorschaltgerätes als dem, das wir auf unseren Produktseiten angeben, können sich die Daten ändern. Da die Entwicklung im Leuchtdiodenbereich sehr schnell vonstatten geht, enthält unsere Website immer die neuesten Werte.

Vorschaltgeräte für LED

Nachfolgend finden Sie eine Auflistung von Vorschaltgeräten, die wir für unsere LED-Produkte empfehlen. Sie sind hervorragend an das jeweilige Produkt angepasst, verfügen über integrierte Schutzvorrichtungen (z. B. gegen Kurzschluss oder Überlastung) und bieten außerdem eine hohe Effizienz.

LED-Vorschaltgerät für Konstantstrom 350 mA, Stand-Alone*

Abbildung	Technische Daten	Dim	Größe (L×B×H)	Geeignet für	
Abbildung 1	350 mA, max. 8,5 W Sekundärspannung 0–25 V DC	1–10 V bzw. Potentiometer	108×53×33 mm	Easy LED 500 lm	**98178**
Abbildung 2	350 mA, max. 33 W Sekundärspannung 9–48 V DC Umschaltbar 350/700 mA	Nein	169×31×32 mm	Easy LED 500 lm	**99006**
Abbildung 4	350 mA, max. 16 W Sekundärspannung –45 V DC	DSI DALI switchDIM	167×42×31 mm	Easy LED 500 lm	**99003**

LED-Vorschaltgerät für Konstantstrom 700 mA, Stand-Alone*

Abbildung	Technische Daten	Dim	Größe (L×B×H)	Geeignet für	
Abbildung 1	700 mA, max. 18 W Sekundärspannung 2–25 V DC	1–10 V bzw. Potentiometer	108×53×33 mm	Pleion	**98179**
Abbildung 2	700 mA, max. 33 W Sekundärspannung 9–48 V DC Umschaltbar 350/700 mA	Nein	169×31×32 mm	Pleion Pleiad Power	**99006**
Abbildung 7	700 mA, max. 30 W Sekundärspannung –42,5 V DC	DSI DALI switchDIM	207×42×31 mm	Pleion Pleiad Power	**99004**

LED-Vorschaltgerät für Konstantspannung 24 V DC

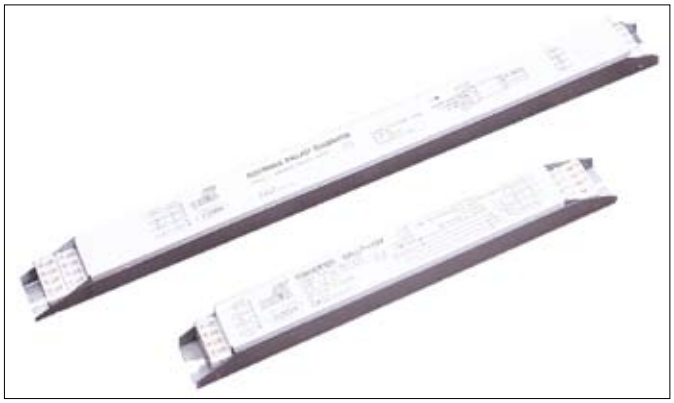
Abbildung	Technische Daten	Dim	Größe (L×B×H)	Geeignet für	
Abbildung 3	24 V DC, max. 100 W Stand-Alone* mit festem Kabel an Primär-und Sekundärseite, IP 67	Nein	210×60×40 mm	LED Handrail	**98188**
Abbildung 7	24 V DC, max. 100 W Stand-Alone*, IP 20	Nein	270×63×41 mm	LED Handrail	**99005**
Abbildung 7	24 V DC, max. 150 W Stand-Alone*, IP 20	Nein	270×63×41 mm	LED Handrail	**98198**
Abbildung 5	24 V DC, max. 25 W IP 20	DSI DALI switchDIM	167×42×31 mm	LED Handrail	**98189**

LED-Dimmeinheit für Konstantspannung 24 V DC**

	Technische Daten	Dim	Größe (L×B×H)	
	24 V DC, max 120 W, IP 20 Stand-Alone*, IP 20	1–10 V	172×42×20 mm	**99110**
	24 V DC, max 120 W, IP 20 Stand-Alone*, IP 20	DALI switchDIM	172×42×20 mm	**99111**

**Stand-Alone, das Vorschaltgerät ist an Primär- und Sekundärseite mit Entlastungen versehen und kann frei montiert werden.*

***Die Dimmeinheit wird zwischen LED-Vorschaltgerät und Leuchte installiert.*



Warum EVG?

Untersuchungen haben gezeigt, dass Menschen, die an Arbeitsplätzen mit EVG-Leuchten arbeiten, sich besser fühlen, nicht so schnell ermüden und leistungsfähiger sind. Selbst wenn nicht jeder das Flackern einer Leuchtstofflampe mit herkömmlichen Vorschaltgeräten bewusst wahrnimmt, so wird es doch im Unterbewusstsein registriert.

Durch effektivere Energienutzung wird weniger Wärme entwickelt – dank niedrigerer Ausgangsleistungen und weniger Verlusten. Folglich lassen sich Kühl- und Klimaanlagen kleiner dimensionieren und sind kostengünstiger in Anschaffung und Betrieb.

Auch Wartungs- und Servicekosten lassen sich dank der im Normalfall längeren Lebensdauer reduzieren. Beim Leuchtmittelwechsel braucht man keinen Starter mehr auszutauschen, weil die Zündfunktion in das EVG integriert ist.

Umweltschutz

EVGs sind umweltfreundlich. Seinen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz leistet ein EVG, wenn es Energie einspart. Ein wichtiger Umweltschutzfaktor besteht auch darin, dass die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampen im Schnitt 15 % länger ist, was zu verminderter Quecksilberbelastung beiträgt.

Funktionsbeschreibung

Mit einem EVG steigt die Betriebsfrequenz auf ca. 40 kHz, wobei die Lampe völlig gleichmäßig und flimmerfrei leuchtet. Gleichzeitig wird der Wirkungsgrad um ca. 10 % erhöht.

Ein- und Ausschalten

Ein EVG steuert die Zündung eines Leuchtmittels kontrolliert und systematisch. Durch den Warmstart wird einer ungleichmäßigen Kathodenemission vorgebeugt, so dass sich die Nutzlebensdauer der Leuchtmittel an Stellen, wo Ein- und Ausschalten in normalem Umfang erfolgen, um bis zu 50 % erhöhen lässt.

Mit einem Warmstart-EVG werden die Kathoden vorgewärmt, bevor der Zündimpuls das Leuchtmittel erreicht. Moderne, hochwertige EVGs verfügen außerdem über eine Funktion, die diesen Aufwärmstrom kräftig reduziert oder ganz ausschaltet, wenn das Leuchtmittel gezündet hat. Eine wichtige Funktion im Hinblick auf die Energieersparnis, aber auch unter dem Aspekt, dass das T5-Leuchtmittel unter optimalen Temperaturvoraussetzungen betrieben werden sollte.

Beleuchtungsniveau

So bald der Entladungsprozess im Gang ist und das Leuchtmittel brennt, regelt das EVG alle notwendigen Paarameter, die für die Aufrechterhaltung des richtigen Lichtstroms innerhalb eines vorgegebenen Intervalls erforderlich sind, ungeachtet jeglicher Spannungsschwankungen. Außerdem wird die einwandfreie Funktion des Leuchtmittels überprüft, ggf. schaltet das EVG das Leuchtmittel ab. Einige marktübliche EVGs können sogar über das Leuchtmittel "signalisieren", dass ein Fehler bei der angeschlossenen Netzspannung vorliegt, z. B. Überspannung.

Verlegung der Leitungen

Die Konstruktion von Leuchten für EVGs erfordert eine sorgfältige Vorgehensweise bei der Verlegung der Leitungen.

Innenkabel zum Leuchtmittel müssen so verlegt werden, dass die Funktion nicht beeinträchtigt wird. Zu lange Innenkabel zum Leuchtmittel können zudem Störungen (EMC) verursachen. Außerdem sind eingehende Netzleiter unbedingt zu berücksichtigen. Netzleiter dürfen aufgrund von EMV-Anforderungen nicht gemeinsam mit Innenkabeln verlegt werden. Deshalb haben Leuchten oft einen sepwaraten Kanal oder eine Klemmenreihe für die vorschriftsmäßige Verlegung dieser Kabel.

Master–Slave

So genannte Master-Slave-Lösungen, bei denen zwei zusammengeschlossene Leuchteneinheiten über ein in der einen Einheit untergebrachtes EVG versorgt werden, sind nur für Standard EVG's zu empfehlen und wenn die Länge der Innenverdrahtung maximal 1 m beträgt. Master-Slave-Lösungen für EVG's für Lichtregelung sind aufgrund des sehr hohen Risikos von Fehlfunktionen (verschiedene Lichtniveaus in den Leuchteneinheiten) nicht zu empfehlen.

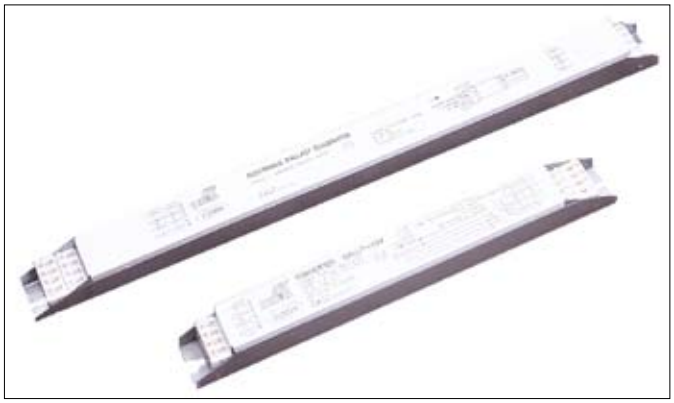
Bei den im Abschnitt "Lichtregelung" beschriebenen Master-Slave-Lösungen wird ausschließlich das Steuersignal vom EVG der Master-Leuchte abgesetzt und steuert somit das EVG der Slave-Leuchte. Diese Vorgehensweise entspricht nicht der im vorangehenden Abschnitt.

Nutzlebensdauer

Die Nutzlebensdauer von EVGs ist begrenzt. Maßgebende Faktoren sind u. a. die Wahl der Komponenten, Störungen im Netz, die Anzahl der Ein- und Ausschaltvorgänge und vor allem die Umgebungstemperatur in der Leuchte. Die Fehlerfrequenz der elektronischen Komponenten des EVG kann in den ersten Betriebsstunden frühzeitige Störungen verursachen. Danach lässt sich die Fehlerfrequenz eines EVG mit sonstigen Elektronikeinheiten vergleichen.

i Vorteile durch EVG

- Direktstart ohne Flackern.
- Flimmerfreies Licht.
- Sehr niedrige Magnetfelder.
- Dauerbetrieb des Leuchtmittels mit Optimalwerten, korrekter Lichtstrom ungeachtet von Netzspannungsschwankungen.
- Verlängerung der wirtschaftlichen Leuchtmittel – Lebensdauer.
- Geringer Anteil an Oberwellen (THD).
- Automatische Abschaltung defekter Leuchtstofflampen (kein störendes Flackern).
- Energie-Einsparung von mind. 20 % Bis zu 60 % bei Verwendung von Dimmern, Tageslichtsteuerung und/oder Anwesenheitssensoren.
- Lichtregelung bei Leuchtstofflampen ist nur mit EVG dim. möglich.
- Nur geringfügige unerwünschte Wärmeentwicklung.
- Keine Stroboskopeffekte.



Warum EVG?

Untersuchungen haben gezeigt, dass Menschen, die an Arbeitsplätzen mit EVG-Leuchten arbeiten, sich besser fühlen, nicht so schnell ermüden und leistungsfähiger sind. Selbst wenn nicht jeder das Flackern einer Leuchtstofflampe mit herkömmlichen Vorschaltgeräten bewusst wahrnimmt, so wird es doch im Unterbewusstsein registriert.

Durch effektivere Energienutzung wird weniger Wärme entwickelt – dank niedrigerer Ausgangsleistungen und weniger Verlusten. Folglich lassen sich Kühl- und Klimaanlagen kleiner dimensionieren und sind kostengünstiger in Anschaffung und Betrieb.

Auch Wartungs- und Servicekosten lassen sich dank der im Normalfall längeren Lebensdauer reduzieren. Beim Leuchtmittelwechsel braucht man keinen Starter mehr auszutauschen, weil die Zündfunktion in das EVG integriert ist.

Umweltschutz

EVGs sind umweltfreundlich. Seinen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz leistet ein EVG, wenn es Energie einspart. Ein wichtiger Umweltschutzfaktor besteht auch darin, dass die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampen im Schnitt 15 % länger ist, was zu verminderter Quecksilberbelastung beiträgt.

Funktionsbeschreibung

Mit einem EVG steigt die Betriebsfrequenz auf ca. 40 kHz, wobei die Lampe völlig gleichmäßig und flimmerfrei leuchtet. Gleichzeitig wird der Wirkungsgrad um ca. 10 % erhöht.

Ein- und Ausschalten

Ein EVG steuert die Zündung eines Leuchtmittels kontrolliert und systematisch. Durch den Warmstart wird einer ungleichmäßigen Kathodenemission vorgebeugt, so dass sich die Nutzlebensdauer der Leuchtmittel an Stellen, wo Ein- und Ausschalten in normalem Umfang erfolgen, um bis zu 50 % erhöhen lässt.

Mit einem Warmstart-EVG werden die Kathoden vorgewärmt, bevor der Zündimpuls das Leuchtmittel erreicht. Moderne, hochwertige EVGs verfügen außerdem über eine Funktion, die diesen Aufwärmstrom kräftig reduziert oder ganz ausschaltet, wenn das Leuchtmittel gezündet hat. Eine wichtige Funktion im Hinblick auf die Energieersparnis, aber auch unter dem Aspekt, dass das T5-Leuchtmittel unter optimalen Temperaturvoraussetzungen betrieben werden sollte.

Beleuchtungsniveau

So bald der Entladungsprozess im Gang ist und das Leuchtmittel brennt, regelt das EVG alle notwendigen Paarameter, die für die Aufrechterhaltung des richtigen Lichtstroms innerhalb eines vorgegebenen Intervalls erforderlich sind, ungeachtet jeglicher Spannungsschwankungen. Außerdem wird die einwandfreie Funktion des Leuchtmittels überprüft, ggf. schaltet das EVG das Leuchtmittel ab. Einige marktübliche EVGs können sogar über das Leuchtmittel "signalisieren", dass ein Fehler bei der angeschlossenen Netzspannung vorliegt, z. B. Überspannung.

Verlegung der Leitungen

Die Konstruktion von Leuchten für EVGs erfordert eine sorgfältige Vorgehensweise bei der Verlegung der Leitungen.

Innenkabel zum Leuchtmittel müssen so verlegt werden, dass die Funktion nicht beeinträchtigt wird. Zu lange Innenkabel zum Leuchtmittel können zudem Störungen (EMC) verursachen. Außerdem sind eingehende Netzleiter unbedingt zu berücksichtigen. Netzleiter dürfen aufgrund von EMV-Anforderungen nicht gemeinsam mit Innenkabeln verlegt werden. Deshalb haben Leuchten oft einen sepwaraten Kanal oder eine Klemmenreihe für die vorschriftsmäßige Verlegung dieser Kabel.

Master–Slave

So genannte Master-Slave-Lösungen, bei denen zwei zusammengeschlossene Leuchteneinheiten über ein in der einen Einheit untergebrachtes EVG versorgt werden, sind nur für Standard EVG's zu empfehlen und wenn die Länge der Innenverdrahtung maximal 1 m beträgt. Master-Slave-Lösungen für EVG's für Lichtregelung sind aufgrund des sehr hohen Risikos von Fehlfunktionen (verschiedene Lichtniveaus in den Leuchteneinheiten) nicht zu empfehlen.

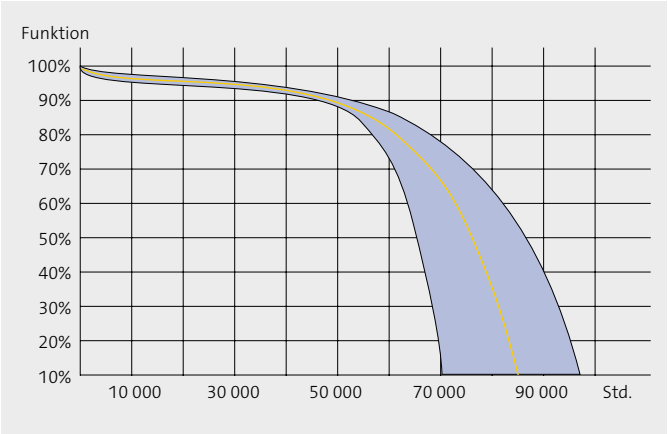
Bei den im Abschnitt "Lichtregelung" beschriebenen Master-Slave-Lösungen wird ausschließlich das Steuersignal vom EVG der Master-Leuchte abgesetzt und steuert somit das EVG der Slave-Leuchte. Diese Vorgehensweise entspricht nicht der im vorangehenden Abschnitt.

Nutzlebensdauer

Die Nutzlebensdauer von EVGs ist begrenzt. Maßgebende Faktoren sind u. a. die Wahl der Komponenten, Störungen im Netz, die Anzahl der Ein- und Ausschaltvorgänge und vor allem die Umgebungstemperatur in der Leuchte. Die Fehlerfrequenz der elektronischen Komponenten des EVG kann in den ersten Betriebsstunden frühzeitige Störungen verursachen. Danach lässt sich die Fehlerfrequenz eines EVG mit sonstigen Elektronikeinheiten vergleichen.

i Vorteile durch EVG

- Direktstart ohne Flackern.
- Flimmerfreies Licht.
- Sehr niedrige Magnetfelder.
- Dauerbetrieb des Leuchtmittels mit Optimalwerten, korrekter Lichtstrom ungeachtet von Netzspannungsschwankungen.
- Verlängerung der wirtschaftlichen Leuchtmittel – Lebensdauer.
- Geringer Anteil an Oberwellen (THD).
- Automatische Abschaltung defekter Leuchtstofflampen (kein störendes Flackern).
- Energie-Einsparung von mind. 20 % Bis zu 60 % bei Verwendung von Dimmern, Tageslichtsteuerung und/oder Anwesenheitssensoren.
- Lichtregelung bei Leuchtstofflampen ist nur mit EVG dim. möglich.
- Nur geringfügige unerwünschte Wärmeentwicklung.
- Keine Stroboskopeffekte.



Streuung der Nutzlebensdauer bei EVGs. Nach 50 000 Betriebsstunden funktionieren über 90 % aller EVGs, wenn die Temperatur im T_c-Punkt (Bezugspunkt) des Vorschaltgerätes den vom Hersteller angegebenen Höchstwert für die Lebensdauer nicht überschreitet.

Nutzlebensdauer und Funktion können durch unvorschriftsmäßige Handhabung bei der Montage beeinträchtigt werden. EVGs können z. B. zerstört werden durch

- falsch ausgeführte Messung des Isolierwiderstandes.
- von Maschinen verursachte Spannungsspitzen.
- überhöhte Temperatur, wenn die Leuchte in einem Bereich mit zu hohen Temperaturen betrieben wird (Normaltemperatur > 25 °C). Die max. erlaubte Umgebungstemperatur (T_a) beträgt in den meisten Fällen 25 °C , aber es gibt auch Leuchten mit erhöhter T_a.

Die Nutzlebensdauer von EVGs hängt wie bereits beschrieben u. a. von der Umgebungstemperatur ab. Normalerweise hat das EVG einen Temperaturkontrollpunkt (T_c-Punkt), der zu prüfen ist, wenn sich das Gerät im betreffenden Produkt befindet. Der T_c-max, der von Fabrikat zu Fabrikat und Type zu Type verschieden ist, gibt die maximale Temperatur an, die dem Gerät nicht schadet. EVGs mit hohem T_c-max sind nicht automatisch besser als EVGs mit niedrigem T_c-max. Vielmehr kann der Hersteller des EVGs bewusst eine kühle bzw. warme Stelle als Referenzpunkt am EVG gewählt haben.

Die Lebensdauer eines EVGs wird bei einer bestimmten Temperatur am T_c-Punkt angegeben. Diese stimmt manchmal mit dem T_c-max überein, kann aber auch niedriger sein. In der Regel geben die Hersteller eine Lebensdauer von ca. 50 000 Stunden mit einem maximalen Ausfall von 0,2 % je 1 000 Stunden an, was einem Ausfall von 10 % entspricht.

Je niedriger die T_c-Temperatur, desto länger die Lebensdauer. Eine Faustregel besagt, dass eine um 10° niedrigere Temperatur am T_c-Referenzpunkt die Lebensdauer verdoppelt, während eine um 10° höhere Temperatur sie halbiert.

EVG für anspruchsvolle Umgebungen: HF Industry

HF Industry sind Vorschaltgeräte für den Einsatz in anspruchsvollen Umgebungen wie Industrieräumlichkeiten, in denen

- Spannungsspitzen ein Problem sind.
- die Luft mehr Staub als üblich enthält.
- die Luft mehr Feuchtigkeit als üblich enthält.
- starke Vibrationen auftreten.

Die EVG sind auf eine Lebensdauer von 100 000 Stunden (10 % Ausfall) ausgelegt, vorausgesetzt, dass die Temperaturen unter einem bestimmten Niveau bleiben (laut Spezifikation für das jeweilige EVG). Sie haben darüber hinaus einen sog. intelligenten Spannungswächter (IVG, Intelligent Voltage Guard), der vor Über- und Unterspannungen sowohl warnt als auch schützt, und widerstehen Spannungsspitzen von bis zu 4 kV. Mit dem robusteren EVG werden längere Serviceintervalle erzielt, die die Wartungskosten auf ein Minimum reduzieren.

Die Vorschaltgeräte sind weder als EVG-dim noch in der schlanken Ausführung erhältlich, weshalb sie nicht in allen Leuchten verwendet werden können. Sie sind vor allem für Produkte für Industrieumgebungen gedacht, die oft mit hohen Lampenleistungen versehen sind sowie ausreichend Platz für die EVG bieten. Ein eventueller Einsatz der EVG in anderen Leuchtentypen, z. B. Büroleuchtung, bietet üblicherweise keine Vorteile im Vergleich zum Einsatz eines Standard-EVG.

Das Produktsortiment finden Sie auf den Produktseiten für Industrieanwendungen.

i Fachbegriffe EVG

Warmstart
Die Kathoden der Lampe werden unter Optimalspannung gesetzt und so vor dem Zünden auf die richtige Temperatur vorgewärmt, damit eine korrekte Emission gewährleistet ist. Somit werden die besten Voraussetzungen für die maximale Nutzlebensdauer von Leuchtstofflampen geschaffen.

Kaltstart
Die Leuchtstofflampe wird ohne Vorwärmen der Kathoden gezündet. Dadurch werden die Elektroden schneller verbraucht. Der Vorteil dieses Startprozesses liegt in den kleineren, preiswerteren elektronischen Vorschaltgeräten. Sie sind angebracht in industriellen Räumlichkeiten und solchen Bereichen, in denen die Leuchtstofflampen pro Tag nicht öfter als 1–2 mal ein- und ausgeschaltet werden.

Nennspannung
Auf dem Datenschild der Leuchte ist die Netzspannung angegeben.Normalerweise geht man davon aus, dass EVGs mit einer Abweichung von ± 10 % von der Nennspannung einwandfrei arbeiten. Auf die korrekte Spannung ist zu achten, da zu hohe bzw. zu niedrige Spannung die Elektronik beeinträchtigen kann. Die meisten EVGs funktionieren auch mit Gleichspannung. Zwecks weiterer Einzelheiten hierzu setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.

Harmonische Oberwellen
Oberwellen sind Verzerrungen der Wellenform der Spannung, die von nicht linearen Netzbelastungen verursacht werden. Oberwellen lösen Streuströme, hohe Magnetfelder und Störungen in empfindlichen Elektronikgeräten aus. Computer, Frequenzwandler und normal kompensierte Leuchten zählen zu den stärksten Oberwellenerzeugern. Der Richtwert für Computer beträgt ca. 80 % THD, für herkömmliche Leuchten ca. 20 % THD und für EVGs ca. 10 %. Auch EVGs von geringerer Qualität können in großem Umfang Oberwellen auslösen.

THD
Die Gesamtsumme der Oberwellen. Abkürzung für Totale Harmonische Distorsion.

Betriebsfrequenz
Die Frequenz des Entladungsstroms (der lichterzeugende Strom in der Lampe) in der Leuchtstofflampe. Bei Leuchten mit magnetischen Vorschaltgeräten ist er gleich der Netzfrequenz von 50 Hz. Ein EVG wandelt die Netzfrequenz in ca. 25–50 kHz um. Gleichzeitig wird der Wirkungsgrad der Leuchtstofflampe um ca. 10 % erhöht. Da die Betriebsfrequenz auch das Licht moduliert, kann es bei Infrarotdetektoren für Alarmanlagen und bei der Lichtregelung zu Problemen kommen. Dieses Problem lässt sich jedoch durch die Wahl des richtigen EVGs ausschalten.

Kathode
Auch Elektrode genannt. Die an beiden Enden der Leuchtstofflampe angebrachten Kathoden bestehen aus mit Berylliumoxid beschichteten Wolframglühfäden. Beim Vorwärmen der Kathoden werden Elektronen freigesetzt, die für den Entladungsstrom der Leuchtstofflampe notwendig sind. Eine falsche Kathodentemperatur verkürzt die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampe. Besonders beim Dimmen und der damit verbundenen Leistungsreduzierung in der Leuchtstofflampe kann die Kaltemission die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampe ganz erheblich reduzieren. Durch den Einsatz qualitativ hochwertiger EVGs wird derartigen Problemen vorgebeugt.

Fagerhults Prinzipien

Bei der Konstruktion aller Leuchten wird darauf geachtet, dass die Temperatur des EVGs (T_c) nicht zu hoch wird, um die Lebensdauer nicht zu gefährden. Bei korrekt installierten und benutzten Leuchten beträgt die Nutzlebensdauer von EVGs mindestens 50 000 Stunden bei einer maximalen Fehlerquote von 10 %. Dies gilt bei einer höchstzulässigen Umgebungstemperatur von 25 °C, sofern vom Gerätehersteller nicht anders angegeben.

Neben den Angaben der EVG-Hersteller zu den T_c-Temperaturen hat Fagerhult eigene, strenge Richtlinien aufgestellt. Wir haben uns aus freien Stücken dazu entschieden, beim Test eine generelle Sicherheitsspanne von 5° hinzuzurechnen. Diese Spanne mag gering erscheinen, doch lässt sie eine längere theoretische Lebensdauer unserer Produkte erwarten als es bei Zugrundelegung der EVG-Herstellerwerte der Fall wäre.

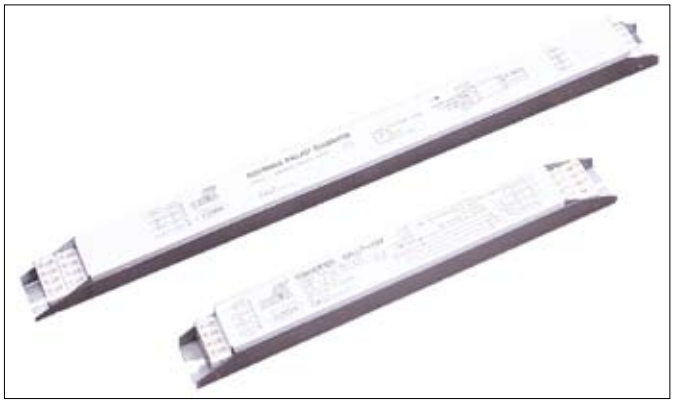
Die Wahl des richtigen EVGs zum jeweiligen Produkt ist ebenfalls wichtig. Leider ist derzeit kein EVG auf dem Markt, das in sämtlichen technischen Punkten überlegen ist. Manche Vorschaltgeräte haben bessere EMC-Eigenschaften, einige sind kühler, etc. Außerdem unterscheiden sich die EVGs noch immer um einiges hinsichtlich der Größe. All diese Parameter sind bei der Wahl zu berücksichtigen; wir entscheiden uns schließlich für dasjenige Vorschaltgerät, das am besten für die Leuchte geeignet ist.

Fagerhult bestückt seine Leuchten ausschließlich mit qualitativ hochwertigen EVGs führender Hersteller.

Temperaturbeispiel

Nachstehend führen wir anhand einiger typischer Leuchten Beispiele von Temperaturspannen auf. Die angegebenen Spannen beziehen sich auf Leuchten mit Standard-EVG. Die Spanne wird im Verhältnis zu derjenigen maximalen T_c-Temperatur angegeben, die nach Angabe des Herstellers eine Nutzlebensdauer von mindestens 50 000 Stunden bei einem maximalen Ausfall von 10 % gewährleistet. Werden Daten zu anderen Produkten gewünscht, ist unser Kundendienst gerne behilflich.

Produkt	Leistung	Temperaturspanne
Leuchten für Leuchtstofflampen		
Loop Light	3×35 W	> 20 °C
Zora	2×54 W	> 25 °C
Ten° Line	3×28 W	> 15 °C
Closs	2×35 W	> 15 °C
Excis	4×54 W	> 5 °C
Deckeneinbauleuchten		
MultiFive Basic	2×49 W	> 10 °C
Indigo Clivus	2×54 W	> 5 °C
Indigo Combo	2×28 W	> 20 °C
Pozzo	1×60 W	> 15 °C
Industrieleuchten		
Densus 3000	2×49 W	> 5 °C
Scatola	2×54 W	> 15 °C
AllFive	2×35 W	> 15 °C
Downlights		
Pleiad Comfort G2	1×32 W	> 10 °C
Pleiad Compact Aufbau	1×26 W	> 20 °C
Pleiad Compact G2	2×26 W	> 15 °C
Innenleuchten		
Discovery	1×26 W	> 10 °C
Discovery Space	2×18 W	> 15 °C



Warum EVG?

Untersuchungen haben gezeigt, dass Menschen, die an Arbeitsplätzen mit EVG-Leuchten arbeiten, sich besser fühlen, nicht so schnell ermüden und leistungsfähiger sind. Selbst wenn nicht jeder das Flackern einer Leuchtstofflampe mit herkömmlichen Vorschaltgeräten bewusst wahrnimmt, so wird es doch im Unterbewusstsein registriert.

Durch effektivere Energienutzung wird weniger Wärme entwickelt – dank niedrigerer Ausgangsleistungen und weniger Verlusten. Folglich lassen sich Kühl- und Klimaanlagen kleiner dimensionieren und sind kostengünstiger in Anschaffung und Betrieb.

Auch Wartungs- und Servicekosten lassen sich dank der im Normalfall längeren Lebensdauer reduzieren. Beim Leuchtmittelwechsel braucht man keinen Starter mehr auszutauschen, weil die Zündfunktion in das EVG integriert ist.

Umweltschutz

EVGs sind umweltfreundlich. Seinen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz leistet ein EVG, wenn es Energie einspart. Ein wichtiger Umweltschutzfaktor besteht auch darin, dass die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampen im Schnitt 15 % länger ist, was zu verminderter Quecksilberbelastung beiträgt.

Funktionsbeschreibung

Mit einem EVG steigt die Betriebsfrequenz auf ca. 40 kHz, wobei die Lampe völlig gleichmäßig und flimmerfrei leuchtet. Gleichzeitig wird der Wirkungsgrad um ca. 10 % erhöht.

Ein- und Ausschalten

Ein EVG steuert die Zündung eines Leuchtmittels kontrolliert und systematisch. Durch den Warmstart wird einer ungleichmäßigen Kathodenemission vorgebeugt, so dass sich die Nutzlebensdauer der Leuchtmittel an Stellen, wo Ein- und Ausschalten in normalem Umfang erfolgen, um bis zu 50 % erhöhen lässt.

Mit einem Warmstart-EVG werden die Kathoden vorgewärmt, bevor der Zündimpuls das Leuchtmittel erreicht. Moderne, hochwertige EVGs verfügen außerdem über eine Funktion, die diesen Aufwärmstrom kräftig reduziert oder ganz ausschaltet, wenn das Leuchtmittel gezündet hat. Eine wichtige Funktion im Hinblick auf die Energieersparnis, aber auch unter dem Aspekt, dass das T5-Leuchtmittel unter optimalen Temperaturvoraussetzungen betrieben werden sollte.

Beleuchtungsniveau

So bald der Entladungsprozess im Gang ist und das Leuchtmittel brennt, regelt das EVG alle notwendigen Paarameter, die für die Aufrechterhaltung des richtigen Lichtstroms innerhalb eines vorgegebenen Intervalls erforderlich sind, ungeachtet jeglicher Spannungsschwankungen. Außerdem wird die einwandfreie Funktion des Leuchtmittels überprüft, ggf. schaltet das EVG das Leuchtmittel ab. Einige marktübliche EVGs können sogar über das Leuchtmittel "signalisieren", dass ein Fehler bei der angeschlossenen Netzspannung vorliegt, z. B. Überspannung.

Verlegung der Leitungen

Die Konstruktion von Leuchten für EVGs erfordert eine sorgfältige Vorgehensweise bei der Verlegung der Leitungen.

Innenkabel zum Leuchtmittel müssen so verlegt werden, dass die Funktion nicht beeinträchtigt wird. Zu lange Innenkabel zum Leuchtmittel können zudem Störungen (EMC) verursachen. Außerdem sind eingehende Netzleiter unbedingt zu berücksichtigen. Netzleiter dürfen aufgrund von EMV-Anforderungen nicht gemeinsam mit Innenkabeln verlegt werden. Deshalb haben Leuchten oft einen sepwaraten Kanal oder eine Klemmenreihe für die vorschriftsmäßige Verlegung dieser Kabel.

Master–Slave

So genannte Master-Slave-Lösungen, bei denen zwei zusammengeschlossene Leuchteneinheiten über ein in der einen Einheit untergebrachtes EVG versorgt werden, sind nur für Standard EVG's zu empfehlen und wenn die Länge der Innenverdrahtung maximal 1 m beträgt. Master-Slave-Lösungen für EVG's für Lichtregelung sind aufgrund des sehr hohen Risikos von Fehlfunktionen (verschiedene Lichtniveaus in den Leuchteneinheiten) nicht zu empfehlen.

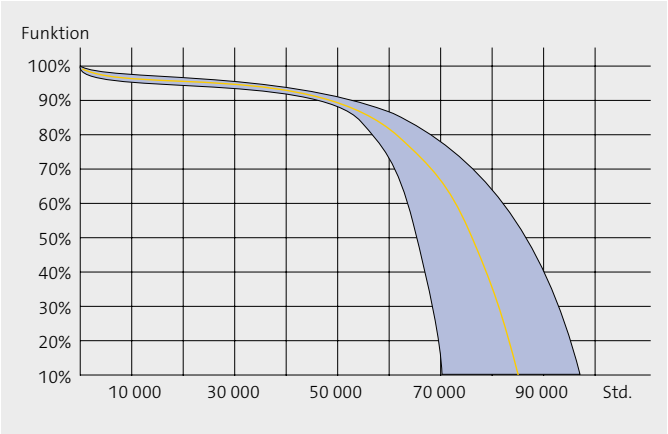
Bei den im Abschnitt "Lichtregelung" beschriebenen Master-Slave-Lösungen wird ausschließlich das Steuersignal vom EVG der Master-Leuchte abgesetzt und steuert somit das EVG der Slave-Leuchte. Diese Vorgehensweise entspricht nicht der im vorangehenden Abschnitt.

Nutzlebensdauer

Die Nutzlebensdauer von EVGs ist begrenzt. Maßgebende Faktoren sind u. a. die Wahl der Komponenten, Störungen im Netz, die Anzahl der Ein- und Ausschaltvorgänge und vor allem die Umgebungstemperatur in der Leuchte. Die Fehlerfrequenz der elektronischen Komponenten des EVG kann in den ersten Betriebsstunden frühzeitige Störungen verursachen. Danach lässt sich die Fehlerfrequenz eines EVG mit sonstigen Elektronikeinheiten vergleichen.

i Vorteile durch EVG

- Direktstart ohne Flackern.
- Flimmerfreies Licht.
- Sehr niedrige Magnetfelder.
- Dauerbetrieb des Leuchtmittels mit Optimalwerten, korrekter Lichtstrom ungeachtet von Netzspannungsschwankungen.
- Verlängerung der wirtschaftlichen Leuchtmittel – Lebensdauer.
- Geringer Anteil an Oberwellen (THD).
- Automatische Abschaltung defekter Leuchtstofflampen (kein störendes Flackern).
- Energie-Einsparung von mind. 20 % Bis zu 60 % bei Verwendung von Dimmern, Tageslichtsteuerung und/oder Anwesenheitssensoren.
- Lichtregelung bei Leuchtstofflampen ist nur mit EVG dim. möglich.
- Nur geringfügige unerwünschte Wärmeentwicklung.
- Keine Stroboskopeffekte.



Streuung der Nutzlebensdauer bei EVGs. Nach 50 000 Betriebsstunden funktionieren über 90 % aller EVGs, wenn die Temperatur im T_c-Punkt (Bezugspunkt) des Vorschaltgerätes den vom Hersteller angegebenen Höchstwert für die Lebensdauer nicht überschreitet.

Nutzlebensdauer und Funktion können durch unvorschriftsmäßige Handhabung bei der Montage beeinträchtigt werden. EVGs können z. B. zerstört werden durch

- falsch ausgeführte Messung des Isolierwiderstandes.
- von Maschinen verursachte Spannungsspitzen.
- überhöhte Temperatur, wenn die Leuchte in einem Bereich mit zu hohen Temperaturen betrieben wird (Normaltemperatur > 25 °C). Die max. erlaubte Umgebungstemperatur (T_a) beträgt in den meisten Fällen 25 °C , aber es gibt auch Leuchten mit erhöhter T_a.

Die Nutzlebensdauer von EVGs hängt wie bereits beschrieben u. a. von der Umgebungstemperatur ab. Normalerweise hat das EVG einen Temperaturkontrollpunkt (T_c-Punkt), der zu prüfen ist, wenn sich das Gerät im betreffenden Produkt befindet. Der T_c-max, der von Fabrikat zu Fabrikat und Type zu Type verschieden ist, gibt die maximale Temperatur an, die dem Gerät nicht schadet. EVGs mit hohem T_c-max sind nicht automatisch besser als EVGs mit niedrigem T_c-max. Vielmehr kann der Hersteller des EVGs bewusst eine kühle bzw. warme Stelle als Referenzpunkt am EVG gewählt haben.

Die Lebensdauer eines EVGs wird bei einer bestimmten Temperatur am T_c-Punkt angegeben. Diese stimmt manchmal mit dem T_c-max überein, kann aber auch niedriger sein. In der Regel geben die Hersteller eine Lebensdauer von ca. 50 000 Stunden mit einem maximalen Ausfall von 0,2 % je 1 000 Stunden an, was einem Ausfall von 10 % entspricht.

Je niedriger die T_c-Temperatur, desto länger die Lebensdauer. Eine Faustregel besagt, dass eine um 10° niedrigere Temperatur am T_c-Referenzpunkt die Lebensdauer verdoppelt, während eine um 10° höhere Temperatur sie halbiert.

EVG für anspruchsvolle Umgebungen: HF Industry

HF Industry sind Vorschaltgeräte für den Einsatz in anspruchsvollen Umgebungen wie Industrieräumlichkeiten, in denen

- Spannungsspitzen ein Problem sind.
- die Luft mehr Staub als üblich enthält.
- die Luft mehr Feuchtigkeit als üblich enthält.
- starke Vibrationen auftreten.

Die EVG sind auf eine Lebensdauer von 100 000 Stunden (10 % Ausfall) ausgelegt, vorausgesetzt, dass die Temperaturen unter einem bestimmten Niveau bleiben (laut Spezifikation für das jeweilige EVG). Sie haben darüber hinaus einen sog. intelligenten Spannungswächter (IVG, Intelligent Voltage Guard), der vor Über- und Unterspannungen sowohl warnt als auch schützt, und widerstehen Spannungsspitzen von bis zu 4 kV. Mit dem robusteren EVG werden längere Serviceintervalle erzielt, die die Wartungskosten auf ein Minimum reduzieren.

Die Vorschaltgeräte sind weder als EVG-dim noch in der schlanken Ausführung erhältlich, weshalb sie nicht in allen Leuchten verwendet werden können. Sie sind vor allem für Produkte für Industrieumgebungen gedacht, die oft mit hohen Lampenleistungen versehen sind sowie ausreichend Platz für die EVG bieten. Ein eventueller Einsatz der EVG in anderen Leuchtentypen, z. B. Büroleuchtung, bietet üblicherweise keine Vorteile im Vergleich zum Einsatz eines Standard-EVG.

Das Produktsortiment finden Sie auf den Produktseiten für Industrieanwendungen.

i Fachbegriffe EVG

Warmstart
Die Kathoden der Lampe werden unter Optimalspannung gesetzt und so vor dem Zünden auf die richtige Temperatur vorgewärmt, damit eine korrekte Emission gewährleistet ist. Somit werden die besten Voraussetzungen für die maximale Nutzlebensdauer von Leuchtstofflampen geschaffen.

Kaltstart
Die Leuchtstofflampe wird ohne Vorwärmen der Kathoden gezündet. Dadurch werden die Elektroden schneller verbraucht. Der Vorteil dieses Startprozesses liegt in den kleineren, preiswerteren elektronischen Vorschaltgeräten. Sie sind angebracht in industriellen Räumlichkeiten und solchen Bereichen, in denen die Leuchtstofflampen pro Tag nicht öfter als 1–2 mal ein- und ausgeschaltet werden.

Nennspannung
Auf dem Datenschild der Leuchte ist die Netzspannung angegeben.Normalerweise geht man davon aus, dass EVGs mit einer Abweichung von ± 10 % von der Nennspannung einwandfrei arbeiten. Auf die korrekte Spannung ist zu achten, da zu hohe bzw. zu niedrige Spannung die Elektronik beeinträchtigen kann. Die meisten EVGs funktionieren auch mit Gleichspannung. Zwecks weiterer Einzelheiten hierzu setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.

Harmonische Oberwellen
Oberwellen sind Verzerrungen der Wellenform der Spannung, die von nicht linearen Netzbelastungen verursacht werden. Oberwellen lösen Streuströme, hohe Magnetfelder und Störungen in empfindlichen Elektronikgeräten aus. Computer, Frequenzwandler und normal kompensierte Leuchten zählen zu den stärksten Oberwellenerzeugern. Der Richtwert für Computer beträgt ca. 80 % THD, für herkömmliche Leuchten ca. 20 % THD und für EVGs ca. 10 %. Auch EVGs von geringerer Qualität können in großem Umfang Oberwellen auslösen.

THD
Die Gesamtsumme der Oberwellen. Abkürzung für Totale Harmonische Distorsion.

Betriebsfrequenz
Die Frequenz des Entladungsstroms (der lichterzeugende Strom in der Lampe) in der Leuchtstofflampe. Bei Leuchten mit magnetischen Vorschaltgeräten ist er gleich der Netzfrequenz von 50 Hz. Ein EVG wandelt die Netzfrequenz in ca. 25–50 kHz um. Gleichzeitig wird der Wirkungsgrad der Leuchtstofflampe um ca. 10 % erhöht. Da die Betriebsfrequenz auch das Licht moduliert, kann es bei Infrarotdetektoren für Alarmanlagen und bei der Lichtregelung zu Problemen kommen. Dieses Problem lässt sich jedoch durch die Wahl des richtigen EVGs ausschalten.

Kathode
Auch Elektrode genannt. Die an beiden Enden der Leuchtstofflampe angebrachten Kathoden bestehen aus mit Berylliumoxid beschichteten Wolframglühfäden. Beim Vorwärmen der Kathoden werden Elektronen freigesetzt, die für den Entladungsstrom der Leuchtstofflampe notwendig sind. Eine falsche Kathodentemperatur verkürzt die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampe. Besonders beim Dimmen und der damit verbundenen Leistungsreduzierung in der Leuchtstofflampe kann die Kaltemission die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampe ganz erheblich reduzieren. Durch den Einsatz qualitativ hochwertiger EVGs wird derartigen Problemen vorgebeugt.

Fagerhults Prinzipien

Bei der Konstruktion aller Leuchten wird darauf geachtet, dass die Temperatur des EVGs (T_c) nicht zu hoch wird, um die Lebensdauer nicht zu gefährden. Bei korrekt installierten und benutzten Leuchten beträgt die Nutzlebensdauer von EVGs mindestens 50 000 Stunden bei einer maximalen Fehlerquote von 10 %. Dies gilt bei einer höchstzulässigen Umgebungstemperatur von 25 °C, sofern vom Gerätehersteller nicht anders angegeben.

Neben den Angaben der EVG-Hersteller zu den T_c-Temperaturen hat Fagerhult eigene, strenge Richtlinien aufgestellt. Wir haben uns aus freien Stücken dazu entschieden, beim Test eine generelle Sicherheitsspanne von 5° hinzuzurechnen. Diese Spanne mag gering erscheinen, doch lässt sie eine längere theoretische Lebensdauer unserer Produkte erwarten als es bei Zugrundelegung der EVG-Herstellerwerte der Fall wäre.

Die Wahl des richtigen EVGs zum jeweiligen Produkt ist ebenfalls wichtig. Leider ist derzeit kein EVG auf dem Markt, das in sämtlichen technischen Punkten überlegen ist. Manche Vorschaltgeräte haben bessere EMC-Eigenschaften, einige sind kühler, etc. Außerdem unterscheiden sich die EVGs noch immer um einiges hinsichtlich der Größe. All diese Parameter sind bei der Wahl zu berücksichtigen; wir entscheiden uns schließlich für dasjenige Vorschaltgerät, das am besten für die Leuchte geeignet ist.

Fagerhult bestückt seine Leuchten ausschließlich mit qualitativ hochwertigen EVGs führender Hersteller.

Temperaturbeispiel

Nachstehend führen wir anhand einiger typischer Leuchten Beispiele von Temperaturspannen auf. Die angegebenen Spannen beziehen sich auf Leuchten mit Standard-EVG. Die Spanne wird im Verhältnis zu derjenigen maximalen T_c-Temperatur angegeben, die nach Angabe des Herstellers eine Nutzlebensdauer von mindestens 50 000 Stunden bei einem maximalen Ausfall von 10 % gewährleistet. Werden Daten zu anderen Produkten gewünscht, ist unser Kundendienst gerne behilflich.

Produkt	Leistung	Temperaturspanne
Leuchten für Leuchtstofflampen		
Loop Light	3×35 W	> 20 °C
Zora	2×54 W	> 25 °C
Ten° Line	3×28 W	> 15 °C
Closs	2×35 W	> 15 °C
Excis	4×54 W	> 5 °C
Deckeneinbauleuchten		
MultiFive Basic	2×49 W	> 10 °C
Indigo Clivus	2×54 W	> 5 °C
Indigo Combo	2×28 W	> 20 °C
Pozzo	1×60 W	> 15 °C
Industrieleuchten		
Densus 3000	2×49 W	> 5 °C
Scatola	2×54 W	> 15 °C
AllFive	2×35 W	> 15 °C
Downlights		
Pleiad Comfort G2	1×32 W	> 10 °C
Pleiad Compact Aufbau	1×26 W	> 20 °C
Pleiad Compact G2	2×26 W	> 15 °C
Innenleuchten		
Discovery	1×26 W	> 10 °C
Discovery Space	2×18 W	> 15 °C

Die meisten Leuchten sind so konstruiert, dass sie optimale Leistung bei normaler Zimmertemperatur erbringen. In kalten Umgebungen, z. B. in Kühl- oder Gefrierräumen, ist das Ambiente für die Leuchte jedoch ein anderes. Die meisten Industrieleuchten eignen sich trotzdem für diese Anwendung, doch gibt es eine Reihe Parameter, die bei der Wahl der richtigen Leuchte berücksichtigt werden müssen.

Die Wahl der Leuchte sowie ihre Platzierung im Raum richtet sich nach folgenden Fragen:

- Welche Temperatur herrscht im Raum?
- Welche Schutzart ist erforderlich?
- Wie sind Kühlbaffeln oder Einblasgeräte positioniert?
- Sind die Leuchten Luftströmen ausgesetzt?
- Besteht die Gefahr, dass die Leuchten mechanisch belastet werden?
- Sollen die Leuchten kontinuierlich brennen oder mehrere Male am Tag ein- und ausgeschaltet werden?

Allgemeines

Offene Reflektorleuchten sind so konstruiert, dass der maximale Lichtstrom bei der normalen Zimmertemperatur von 25 °C erzielt wird; in kälteren Räumen werden sowohl Lichtstrom als auch Zündfähigkeit beeinträchtigt. Bei der Beleuchtungsplanung muss Rücksicht auf den geringeren Lichtstrom genommen werden.

In dieser Hinsicht können jedoch Leuchten mit Schutzart IP 44 und höher besser funktionieren, wenn sie in kalten Umgebungen installiert werden, da die Umgebungstemperatur des Leuchtmittels bei normaler Zimmertemperatur um die Leuchte oft ein wenig zu hoch ist. Dies führt zu einem erhöhten Lichtstrom bei sinkenden Umgebungstemperaturen (bis auf ein bestimmtes Niveau).

Vorschaltgeräte

Die Verwendung des richtigen Vorschaltgeräts ist wichtig, sodass die Leuchte auch bei niedrigen Temperaturen zündet. Die Temperaturspezifikationen sind je nach Hersteller und Vorschaltgerät unterschiedlich.

Leuchtmittel

T5-Leuchtmittel geben ihren maximalen Lichtstrom bei einer Umgebungstemperatur (um die Lampe) von 35 °C ab. Die Temperatur um das Leuchtmittel richtet sich nach der Leuchtenausführung. Bei geschlossenen Wannenleuchten mit Schutzart IP 44 und höher kann das Leuchtmittel seine eigene, direkte Umgebung erwärmen, auch wenn die Umgebungstemperatur um die eigentliche Leuchte niedrig ist. Deshalb können geschlossene Wannenleuchten mit T5-Lampen auch sehr gut in kalten Umgebungen eingesetzt werden.

T8-Leuchtmittel unterscheiden sich ein wenig von T5. T8-Leuchtmittel erreichen ihr Lichtstrommaximum, bei 25 °C, weshalb sie bei geringeren Umgebungstemperatur weniger belastet werden als die T5-Leuchtmittel.

Thermo-Leuchtstofflampe

Die Verwendung so genannter Thermo-Leuchtstofflampen kann in bestimmten Räumen erforderlich sein. Thermo-Leuchtstofflampen haben eine zusätzliche Glasumhüllung (Thermoprinzip).

Der Nachteil dieser Lampen ist der größere Durchmesser, was bei bestimmten Leuchten zu Problemen führen kann. Thermo-Leuchtstofflampen sind als T5 und auch als T8 erhältlich, jedoch nicht in allen Leistungsvarianten. Siehe Abschnitt Leuchtmittel.

Platzierung

Die Leuchten sollten möglichst nicht zu nahe an Kühlbaffeln oder Einblasgeräten angebracht werden. Der kalte Luftstrom kann sich auf den Lichtstrom sehr negativ auswirken. Dies gilt auch für gekapselte Leuchten oder für den Einsatz von Thermo-Leuchtstofflampen.

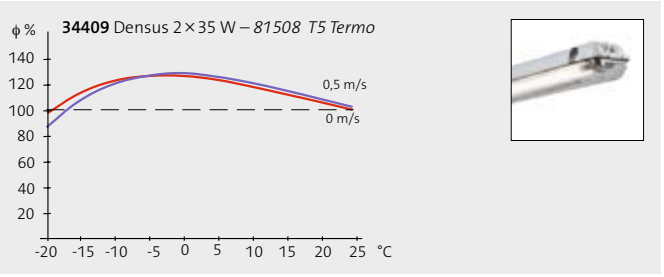
LED in kalten Umgebungen

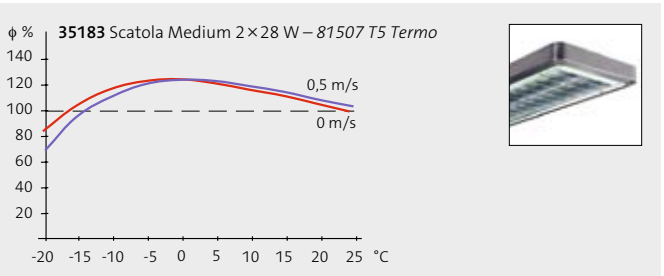
Leuchtdioden sind ebenfalls temperaturempfindlich, jedoch nicht so stark wie Entladungslampen (Leuchtstofflampen). Allgemein lässt sich sagen, dass der Lichtstrom und die Lebensdauer von LEDs besser werden, je niedriger die Temperatur ist. Der Einsatz von LEDs in kalten Räumlichkeiten wie Kühlräumen ist daher von Vorteil. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Mindesttemperatur für Vorschaltgeräte oftmals bei -20 °C liegt (wobei es auch Ausnahmen gibt). LED-Anwendungen lassen sich mit Nennströmen planen, und der Betrieb in kalten Räumen liefert dabei nur eine größere Spanne. Für maximale Energieeinsparungen müssen den Komponentendaten sogenannte "kalte" Werte entnommen werden. Wir helfen Ihnen gern bei der Planung. Melden Sie sich bei uns!

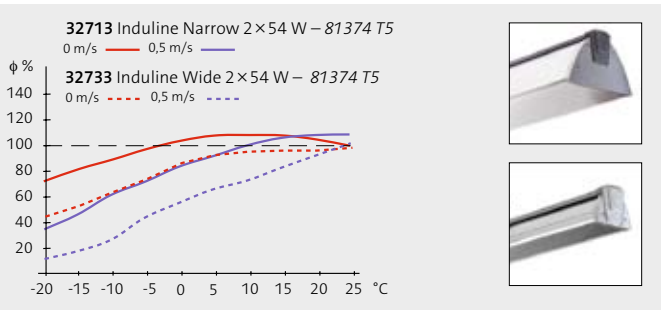
Beeinflussung des Lichtstroms

Hier zeigen wir am Beispiel einiger typischer Industrieleuchten, welche Auswirkungen die Umgebungstemperatur auf den Lichtstrom hat. Die rote Kurve zeigt den Lichtstrom ohne Windeinfluss und die blaue den Strom mit einem Windeinfluss von 0,5 m/s. Als Referenzwert wird der Lichtstrom bei +25 °C ohne Wind herangezogen.

Bitte beachten Sie, dass die angegebenen Werte als Richtwerte und nicht als Absolutwerte anzusehen sind. Führen Sie daher Ihre Beleuchtungsplanung mit ausreichend Spielraum durch.







System- und Leuchtmittelleistungen, W

Die Systemleistung ist die Summe aus Leuchtmittelleistung und Verlusten durch das dazugehörige Vorschaltgerät. Bei der Installation sind sowohl angeschlossene Leistung als auch der Einschaltstrom zu berücksichtigen. Normalerweise entscheidet nicht die Systemleistung, sondern der Einschaltstrom über die Anzahl der EVGs, die an einen Sicherungsautomaten (MCB) angeschlossen werden können. Für Informationen zur maximalen Anzahl EVGs je Sicherungsautomat siehe separate Seite.

Nachstehend eine Aufstellung über System- und Lampenleistungen für eine Reihe verschiedener EVGs.

Leuchten von Fagerhult sind standardmäßig mit Warmstart-EVG ausgestattet, bei denen das Erhitzen der Kathode entweder reduziert wird oder ganz aufhört, sobald das Leuchtmittel gezündet hat. Diese Funktion spart Energie.

Anm.: Bei anderen EVGs sind kleinere Abweichungen möglich. Die angegebenen Werte sind Beispiele und auf die nächste ganze Zahl gerundet. Da die Entwicklung der EVGs nicht abgeschlossen ist, können sich die angegebenen Werte noch ändern. Der Leistungsfaktor (cos φ) liegt bei Leuchten mit EVG zwischen 0,95 und 1,0.

Erläuterung der Tabellen
• SW=Systemleistungen in Watt - = es liegen zur Zeit keine Daten vor

T5 Eco

EVG	1×	2×	3×	4×	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**SW**	**SW**	**Nur für**
13	17	31	44	58	Philips HF-P EII
25	29	55	-	-	Philips HF-P EII
32	36	70	-	-	Philips HF-P EII
20	24	48	68	89	Philips HF-P EII
45	51	100	-	-	Philips HF-P EII
50	55	108	-	-	Philips HF-P EII
73	81	158	-	-	Philips HF-P EII
EVG dim	**1×**	**2×**	**3×**	**4×**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**SW**	**SW**	**Nur für**
13	17	32	47	62	Philips HF-R EII
25	30	57	-	-	Philips HF-R EII
32	37	71	-	-	Philips HF-R EII
20	24	48	71	96	Philips HF-R EII
45	51	96	-	-	Philips HF-R EII
50	56	109	-	-	Philips HF-R EII
73	80	159	-	-	Philips HF-R EII

T5C

EVG	1×				
Leuchtmittel	**SW**				**Nur für**
22	25				Philips HF-P EII
40	43				Philips HF-P EII
22+40	66				Philips HF-P EII
55	60				Philips HF-P EII
60	65				Philips HF-P EII

T5

EVG	1×	2×	3×	4×	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**SW**	**SW**	**Nur für**
14	18	33	47	62	Philips HF-P EII
21	25	47	-	-	Philips HF-P EII
28	32	61	-	-	Philips HF-P EII
35	39	76	-	-	Philips HF-P EII
24	28	56	80	105	Philips HF-P EII
39	44	86	-	-	Philips HF-P EII
49	55	108	-	-	Philips HF-P EII
54	60	118	-	-	Philips HF-P EII
80	88	172	-	-	Philips HF-P EII
EVG dim	**1×**	**2×**	**3×**	**4×**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**SW**	**SW**	**Nur für**
14	18	34	50	66	Philips HF-R EII
21	25	48	-	-	Philips HF-R EII
28	33	63	-	-	Philips HF-R EII
35	40	77	-	-	Philips HF-R EII
24	28	56	83	112	Philips HF-R EII
39	43	84	-	-	Philips HF-R EII
49	55	106	-	-	Philips HF-R EII
54	61	119	-	-	Philips HF-R EII
80	87	173	-	-	Philips HF-R EII

T8

EVG	1×	2×	3×	4×	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**SW**	**SW**	**Nur für**
18	19	37	54	70	Philips HF-P EII
36	37	70	-	-	Philips HF-P EII
58	56	107	-	-	Philips HF-P EII
EVG dim	**1×**	**2×**	**3×**	**4×**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**SW**	**SW**	**Nur für**
18	21	39	65	79	Philips HF-R
36	38	74	-	-	Philips HF-R
58	56	113	-	-	Philips HF-R

FSM-E			
EVG	**1×**	**2×**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**Nur für**
14	16	32	Philips HF-P EII
17	19	38	Philips HF-P EII
18	19	36	Helvar EL TCs
26	27	51	Helvar EL TCs
32	32	64	Helvar EL TCs
42	44	85	Helvar EL TCs
57	64	121	PC-PRO/Ph. HF-P PL-T
EVG dim	**1x**	**2x**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**Nur für**
14	17	33	Philips HF-R EII
17	20	39	Philips HF-R EII
18	21	40	Tridonic PCA Excel
26	28	55	Tridonic PCA Excel
32	36	71	Tridonic PCA Excel
42	47	91	Tridonic PCA Excel
57	66	-	Tridonic PCA Excel

FSQ-E			
EVG	**1×**	**2×**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**Nur für**
13	15	28	Helvar EL TCs
18	19	36	Helvar EL TCs
26	27	51	Helvar EL TCs
EVG dim	**1x**	**2x**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**Nur für**
13	16	31	Tridonic PCA ECO
18	21	40	Tridonic PCA ECO
26	28	55	Tridonic PCA ECO

FSD-H			
EVG	**1×**	**2×**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**Nur für**
18	20	40	Osram QT
24	26	50	Osram QT
36	38	75	Osram QT
40	44	90	Osram QT
55	61	116	Osram QT
80	86	176	Osram QTP., QT-FQ
EVG dim	**1x**	**2x**	
Leuchtmittel	**SW**	**SW**	**Nur für**
18	18	37	Osram QTi DIM
24	26	50	Osram QTi DIM
36	36	70	Osram QTi DIM
40	42	82	Osram QTi DIM
55	59	115	Osram QTi DIM
80	88	165	Osram QTi DIM

MTm/MT/MD/MR		
El. Vorschaltgerät	**1×**	
Leuchtmittel	**SW**	**Nur für**
20 (MTm)	25	Philips HID-PV m
35	45	Tridonic PCI
70	80	Tridonic PCI
150	160	Tridonic PCI

Sicherungsautomaten

Sicherungsautomaten für Leuchtengruppen mit EVG müssen sowohl hinsichtlich des Nennstroms als auch in Bezug auf den Anlaufstrom dimensioniert werden. Der kurzfristige Anlaufstrom, der beim Einschalten der Leuchte entsteht, kann bei falscher Dimensionierung des Sicherungsautomaten dazu führen, dass dieser auslöst.

Der Anlaufstrom wird von den Kondensatoren im EVG-Netzfilter verursacht. Die Stärke des Anlaufstroms hängt nicht von der Leistung des EVGs, sondern von seiner Konstruktion ab. Es gibt relativ große Unterschiede bei der Anlaufstromstärke zwischen den EVG-Modellen einzelner Hersteller. Auf Grund der Anlaufstromcharakteristik empfehlen wir den Einsatz von Sicherungsautomaten mit Auslösecharakteristik C.

Sollen mehr EVGs als in Spalte 1 angegeben angeschlossen werden, dann setzen Sie sich bitte mit unserem Kundendienst in Verbindung, der Ihnen mit den genauen Angaben zur Verfügung steht.

Da die Hersteller ihre Produkte ständig weiter entwickeln, sind die Angaben auf dieser Seite nicht bindend. Die neuesten Daten erhalten Sie von den EVG-Herstellern.

Änderungen vorbehalten. Keine Garantie bei Druckfehlern.

Aus nachfolgender Tabelle wird ersichtlich, wie viele EVGs an eine Beleuchtungsgruppe angeschlossen werden können, die mit einem 16-A-Sicherungsautomaten vom Type C abgesichert ist.

Wir geben zwei verschiedene Werte an:

Spalte 1 – Der Wert gibt die Höchstanzahl EVGs an, die unabhängig von dem von uns benutzten Fabrikat und Type (Osram, Philips, Tridonic, Helvar) an den Sicherungsautomat angeschlossen werden können.

Also: Wenn die Anzahl der in Spalte 1 angegebenen EVG nicht überschritten wird, brauchen Fabrikat und Type des EVG nicht bekannt zu sein, um die Anlage korrekt dimensionieren zu können.

Spalte 2 – Der Wert gibt die Höchstanzahl EVGs an, die abgesichert werden kann.

Der Wert gibt an, was im Bereich des Möglichen liegt. Die meisten EVG-Fabrikate und -Typen liegen im Intervall zwischen den in den Spalten 1 und 2 angegebenen Werten.

T5

Leistung	EVG standard		EVG für Lichtregelung	
	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs
1×14	47	122	46	150
2×14	22	47	20	78
3×14	44	47	34	47
4×14	42	47	26	47
1×21	47	86	46	120
2×21	22	47	20	60
1×28	47	86	26	83
2×28	22	47	20	48
1×35	22	86	32	76
2×35	22	47	18	34
1×24	44	103	47	150
2×24	20	53	38	52
1×39	44	61	45	76
2×39	20	32	20	32
1×49	22	56	32	48
2×49	20	30	18	32
1×54	38	47	26	76
2×54	20	26	20	32
1×80	20	30	20	38
2×80	16	20	15	20

T8

Leistung	EVG standard		EVG für Lichtregelung	
	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs
1×18	48	122	47	86
2×18	48	75	20	70
3×18	20	80	24	56
4×18	20	56	20	38
1×36	47	82	45	70
2×36	37	56	20	56
1×58	47	60	40	56
2×58	20	26	20	30
1×70	34	47	-	-
2×70	18	20	-	-

T5C

Leistung	EVG standard		EVG für Lichtregelung	
	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs
1×22	33	74	24	54
1×22+1×40	22	56	-	-
1×40	33	74	24	54
1×55	47	50	20	34
1×60	47	47	20	20

- = derzeit keine Angaben.

FSD

Leistung	EVG standard		EVG für Lichtregelung	
	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs
1×18	48	74	40	56
2×18	38	56	16	38
1×24	47	103	27	86
2×24	20	56	12	52
1×36	47	56	47	70
2×36	44	56	20	34
1×40	47	74	47	70
2×40	20	38	20	30
1×55	32	50	40	56
2×55	18	22	18	26
1×80	30	30	20	47
2×80	16	16	15	18

FSQ

Leistung	EVG standard		EVG für Lichtregelung	
	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs
1×13	34	82	40	40
2×13	34	56	60	60
1×18	35	82	38	70
2×18	35	80	26	47
1×26	33	74	38	70
2×26	20	38	20	46

FSM

Leistung	EVG standard		EVG für Lichtregelung	
	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs	Spalte 1 Sämtliche EVGs	Spalte 2 Bestimmte EVGs
1×13	34	118	40	40
2×13	34	116	60	60
1×14	47	94	47	47
2×14	47	94	47	47
1×17	47	94	47	47
2×17	47	94	47	47
1×18	35	152	38	70
2×18	35	128	26	48
1×26	33	144	38	70
2×26	20	102	20	46
1×32	33	124	38	50
2×32	20	64	20	26
1×42	33	124	38	50
2×42	20	54	12	26
1×57	31	85	22	38
2×57	17	17	-	-

- = derzeit keine Angaben.

i Anmerkungen

Anmerkungen

- Bei der Absicherung von Leuchten ist neben dem Anlaufstrom auch der summierte Nennstrom für die Leuchten der Gruppe, die Querschnittfläche des Kabels sowie die durchschnittliche Länge der Verkabelung der Gruppe zu beachten.
- Die in den Tabellen angegebene Anzahl Leuchten setzt ein gleichzeitiges Einschalten (derselbe Schalter) bei Netzspannungsspitzen voraus.
- Die Werte der Tabellen gelten für 1-polige Sicherungsautomaten. Bei der Verwendung mehrpoliger Sicherungsautomaten muss die Anzahl Leuchten um 20 % reduziert werden.
- Bei 16-A-Sicherungsautomaten mit B-Charakteristik muss die Gruppengröße auf die Hälfte und bei 10-A-Automaten mit C-Charakteristik um ca. 40 % reduziert werden.

CE-Kennzeichnung

Die CE-Kennzeichnung ist Voraussetzung, um eine Leuchte innerhalb der EU vertreiben zu dürfen.

Die obligatorische CE-Kennzeichnung bedeutet, dass der Hersteller selbst offiziell bezeugt, dass sein Produkt die innerhalb der EU geltenden Sicherheitsauflagen erfüllt. Für die meisten Produkte ist keine externe Prüfung erforderlich.

Zertifizierung durch eine unabhängige Stelle – für Ihre Sicherheit

Obwohl die Zertifizierung durch ein unabhängiges Organ nicht länger obligatorisch ist, hat Fagerhult beschlossen, sein Grundsortiment auch zukünftig diesem Verfahren zu unterziehen. Damit wird sichergestellt, dass der Kunde Produkte erhält, die allen aktuellen Sicherheitsauflagen entsprechen und das Produkt durch einen unabhängigen Dritten getestet ist.

Varianten des Grundsortiments, z. B. Produkte mit EVG-Dimmer oder mit Notbeleuchtungsfunktion, sind meist nicht durch ein unabhängiges Zertifizierungsorgan zertifiziert. Das Sicherheitsniveau dieser Ausführungen ist jedoch genauso hoch wie das der übrigen Produkte.

Wir haben uns für Intertek ETL Semko als unabhängige Zertifizierungsstelle entschieden, ein Unternehmen mit langer Prüfungserfahrung und gutem Renommee in ganz Europa.

Dank dieser Zusammenarbeit können wir unsere Produkte mit dem S- oder ENEC-Zeichen versehen. Das S- oder ENEC-Zeichen steht für die objektive Prüfung und Kontrolle der Sicherheit von elektrischem Material in Bezug auf:

- Feuer
- Elektroschock
- Mechanische Schäden
- Strahlen und Brennschäden
- Bestimmte Umweltschädigungen bei:
  - Vorgesehener oder zu erwartender Art der Benutzung
  - Vorgesehener oder zu erwartender Dauer der Benutzung
  - Zu erwartende Fehlverhältnisse
  - Zu erwartende, angemessene Fehlbenutzung

ENEC-Zeichen

Das S-Zeichen ist seit vielen Jahren wohlbekannt. In den letzten Jahren ist die Möglichkeit hinzugekommen, Leuchten mit ENEC-Zeichen zu versehen; ENEC steht als Abkürzung für European Norms Electrical Certification.

Derzeit sind etwa 21 Länder an das ENEC-System angeschlossen. Das ENEC-Zeichen hat das gleiche Gewicht wie die Zulassungssymbole der einzelnen Mitgliedsstaaten (z.B. VDE in Deutschland). Um eine Leuchte mit dem ENEC-Zeichen versehen zu dürfen, ist eine separate Vereinbarung mit dem überwachenden nationalen Organ – in unserem Falls Intertek ETL Semko – erforderlich; außerdem muss das Qualitätssystem der Produktion den Anforderungen von ISO9002 entsprechen.

SMTA-Vereinbarung – Autorisierung des Labors

Seit 1993 besteht eine SMTA-Vereinbarung zwischen unserem Labor (TeknikCentrum) und Intertek ETL Semko. Eine SMTA-Vereinbarung (Supervised Manufacturers Testing Authorisation) bedeutet, dass wir befugt sind, sämtliche erforderlichen Prüfungen für das S- und das ENEC-Zeichen selbst vorzunehmen. Die Ergebnisse dieser Prüfungen bilden die Grundlage der Zertifizierung. Die Vereinbarung bedeutet auch, dass Prüfungsausrüstungen, Qualitätssysteme und die Kompetenz des Personals durch Intertek ETL Semko geprüft und zugelassen wurden. Es werden jährliche Revisionen durchgeführt. Intertek ETL Semko hat auch das Recht, zu jedem beliebigen Zeitpunkt unser Labor zu besuchen oder Produkte für vergleichende Tests anzufordern.

Unser TeknikCentrum ist im Übrigen ausgezeichnet ausgestattet, was die Messausrüstungen für alle übrigen Kontrollen angeht, die an einer Leuchte vorzunehmen sind. Es stehen Ausrüstungen von höchster Qualität und Messgenauigkeit zur Verfügung, um die EMC-Eigenschaften (nach EN55015) zu prüfen, zur Verifizierung der Lichtleistung sowie für sonstige Qualitätstests.

Standardisierung

Wir arbeiten an der Standardisierung von Leuchten mit. Dies erfolgt auf nationaler Ebene über die Mitgliedschaft in den Arbeitsgruppen TK34 und TK89 innerhalb des SEK (Schwedischer Elektrostandard). Auf internationaler Ebene sind wir in der Arbeitsgruppe WG1 LUMEX innerhalb der IEC (International Electrotechnical Commission) vertreten. In diesen Arbeitsgruppen werden Änderungsvorschläge bezüglich der geltenden Produktstandards sowie der Bedarf nach neuen Normen diskutiert. Somit haben wir nicht nur hervorragende Möglichkeiten, auf die Anforderungen künftiger Standards Einfluss zu nehmen, sondern halten uns auch über eventuelle anstehende Veränderungen auf dem Laufenden. Die kommenden Anforderungen zu kennen und die Trends innerhalb der Normen zu beobachten, ist bei der Produktentwicklung äußerst wichtig.

Mehr über Semko und die unabhängige Zertifizierung unter www.intertek-etlsemko.com

Bei TeknikCentrum werden die EMV-Eigenschaften der Produkte (nach EN 55015), die Elektrosicherheit (EN 60598), die Lichtleistung und die übrigen Qualitätsmerkmale geprüft.

Druckguss

Druckguss mit metallischen Werkstoffen ist eine Produktionsmethode, die robuste Teile mit hochwertiger Oberfläche und integrierter Funktionalität liefert. Oftmals sind die Werkstücke direkt nach Verlassen der Formkammer bereit zur Verwendung (Zinkdruckguss). Beim Aluminiumdruckguss ist in der Regel eine Bearbeitung des Anschnitts erforderlich. Im Allgemeinen werden die Werkstücke in einer Trommel entgratet.

Aluminiumdruckguss

Aluminium wird unter hohem Druck gepresst. Da das Material während des Pressvorgangs wasserähnliche Eigenschaften aufweist, sind für diese Methode exakte Toleranzen und Werkzeuge mit guten Dichtflächen erforderlich. Druckgussteile aus Aluminium haben u. a. den Vorteil einer großen Robustheit im Verhältnis zum Gewicht. Die bei Fagerhult am häufigsten verwendete Aluminium-Gusslegierung ist AlSi8Cu3.

Aluminium bietet zudem den Vorteil eines einfachen Recyclings. Zum Recyclen von Aluminium ist nur ein Bruchteil der Energie erforderlich, die bei der Herstellung von Primär-Aluminium verbraucht wird.

Aluminium-Gussteile finden in der Beleuchtungsindustrie als Anfangs- und Endstücke, als Lichtbandverbinder sowie als Befestigungen verschiedenster Art Verwendung.

Zinkdruckguss

Zink ist ein korrosionsbeständiges Material mit guten mechanischen Eigenschaften. Der größte Unterschied zwischen Zink und Aluminium liegt in ihrem Gewicht: Zink ist 2,5 Mal so schwer wie Aluminium. Daneben zeichnet es sich durch einen schlechteren spezifischen Wärmewiderstand und eine geringere Kriechfestigkeit aus. Die Vorteile von Zink liegen in der einfacheren Pressung und dem niedrigeren Schmelzpunkt, durch den das Werkzeug weniger belastet wird. Ein gut gebautes Zinkguss-Werkzeug kann 1 Millionen Zyklen mit guten Ergebnissen und hoher Wiederholungsgenauigkeit überdauern.

Des Weiteren sind geringe Dicken und ein hochwertiges Oberflächenfinish möglich. Letzterer Punkt ist z. B. für viele Formen der Behandlung sichtbarer Oberflächen sehr wichtig, wie beim Verchromen oder Vernickeln. Die Gussteile sind oftmals direkt nach dem Druckguss einsatzbereit und benötigen bis auf eine mögliche Trommel-Entgratung keine weitere Bearbeitung.

Druckgussteile aus Zink werden ähnlich wie die aus Aluminium eingesetzt, wobei an erstere wesentlich höhere Anforderungen hinsichtlich der Maßtoleranz und der Feinheit von Oberflächen gestellt werden können.

Strangpressen/Extrusion

Strangpressen ist ein Verfahren zum Herstellen von Teilen aus Metall. Das entsprechende Verfahren für Kunststoffe wird Extrusion genannt. Die Methode ist kosteneffizient und bietet die Möglichkeit zur Integrierung von Funktionen sowie feine Passungen. Stranggepresste Teile aus Metall und extrudierte Teile aus Kunststoff lassen sich hervorragend miteinander kombinieren.

Aluminium-Strangpressverfahren

Das Material, der sog. Pressling, wird erwärmt und mit großem Druck durch eine Matrize gepresst. Je nach Größe des herzustellenden Profils und Kapazität der Maschine kann es erforderlich oder empfehlenswert sein, mehrere Profile gleichzeitig herzustellen. In der Regel wird jedoch nur eine Matrize verwendet.

Nach dem Pressvorgang wird das Profil gestreckt und somit begradigt. Anschließend wird das Material in einem Ofen gehärtet, mit einer allgemeinen Profillänge von 6 Metern. Daran möglicherweise anschließende Verfahren sind das Ablängen, Bearbeiten und Eloxieren der Profile.

Beim Eloxieren erhält die Oberfläche durch Einsatz der Elektrolyse eine schützende Oxidschicht und wird somit hart und dicht. Am häufigsten wird das Verfahren der Natureloxierung angewandt. Es sind jedoch auch andere Einfärbungen möglich.

Kunststoff-Extrusion

Die Materialien PC und PMMA finden in der Beleuchtungsbranche am häufigsten Verwendung und kommen primär bei Schirmen und Abdeckungen in transparenter Ausführung zum Einsatz. Das Verfahren ermöglicht eine kosteneffiziente Produktion von Werkstücken mit großen Längen und hoher Präzision. Auch die Kombination von Materialien zur Erzeugung transparenter und matter Oberflächen ist möglich. Des Weiteren lässt sich die Stärke des Polycarbonats ausgezeichnet mit der guten UV-Beständigkeit des Acryls kombinieren.

Bei der Entwicklung ist dem Umstand Sorge zu tragen, dass die Teile durch Erwärmen länger werden. Bei der Kombination von Abdeckungen mit anderen Teilen sind Toleranzen zu beachten. Lücken an den Enden lassen sich meistens nicht vermeiden.

Bleche

Blech findet in vielen Leuchten Verwendung – in unterschiedlichen Qualitäten, Härten, Dicken und mit unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen. Das Material bietet ein gutes Verhältnis zwischen Funktionalität und Kosten. Blech hat den Vorteil, dass es sich in einer laufenden Produktion schnell konfektionieren lässt, sodass eine späte Verbindung mit dem eigentlichen Produkt möglich ist. Das Ergebnis ist eine flexible Produktion. Ausgehend vom Ausgangsmaterial ist ein schnelles Durchlaufen der Verfahren Stanzen, Biegen, Schweißen und Lackieren mit anschließender Endmontage möglich, ohne dass hierbei andere Durchlaufzeiten als die der eigenen Produktion beachtet werden müssen.

Für einige Teile ist Blech mit Tiefziehqualitäten erforderlich, das heißt dass es so weich sein muss, dass es sich extrem dehnen lässt.

Schwarzblech

Als Schwarzblech bezeichnet man unbehandeltes Blech, das nicht gegen Korrosion geschützt ist und daher je nach Einsatzbereich schneller oder langsamer rostet. Zur Verhinderung von Korrosion erhält das Schwarzblech eine Oberflächenbehandlung z. B. mit Pulverlack. Dabei handelt es sich in der Regel um Beschichtungspulver aus Epoxidharz und Polyester. Das Lackierungsverfahren ist frei von aromatischen Lösungsmitteln und Schwermetallen.

Diese Qualität wird am häufigsten bei Leuchten verwendet, die für Umgebungen mit normaler Feuchtigkeit vorgesehen sind, also für Büros, Schulräume, Korridore usw.

Bleche mit Aluminium-Zink-Beschichtung

Das Beschichten von Blechen mit Aluminium-Zink ist eine sehr effiziente Methode zur Unterbindung von Korrosion. Bleche mit Aluzink-Beschichtung werden auf dieselbe Weise wie normale feuerverzinkte Bleche hergestellt, nur dass die Oberfläche anstatt mit reinem Zink mit einer Mischung aus ca. 55 % Aluminium und 43 % Zink beschichtet wird. Teile aus Aluzink sind direkt nach Bearbeitungsverfahren wie Stanzen und Biegen einsatzfähig. In besonderen Fällen ist keine Lackierung erforderlich, wodurch diese Methode eine hohe Kosteneffizienz bietet. Beim Stanzen und Schneiden wird der Rostschutz an den Schnittflächen von selbst wieder hergestellt.

Aluzink-Oberflächen wirken dank ihres Moiré-Effekts optisch ansprechend. Die Bleche werden in der Regel als Außenhüllen und Stirnseiten für Industrieleuchten eingesetzt. Daneben finden sie sehr häufig als Befestigungen Verwendungen und außerdem für Teile, die im Normalfall nicht sichtbar sind, aber Korrosionsschutz erfordern.

In feuchten oder anderweitig extremen Umgebungen kann es zur Bildung von Weißrost kommen. Aluzink® ist ein eingetragenes Warenzeichen von SSAB.

Rostfreier Stahl

Bei rostfreiem Stahl handelt es sich, wie der Name bereits andeutet, um korrosionsbeständigen Stahl. Jedoch ist diese Bezeichnung nicht zu 100 % korrekt, da auch dieser Stahl rosten kann. Seine Korrosionsbeständigkeit ist nur besonders hoch. Aus diesem Grunde sollte man rostfreien Stahl richtigerweise als rostträgen Stahl bezeichnen. Zur Aufrechterhaltung des Korrosionsschutzes muss die Oberfläche mit Sauerstoff in Berührung kommen. Daher ist es wichtig, das Bleche aus rostfreiem Stahl stets rein gehalten werden.

Unterschiedliche Legierungsbestandteile wie Chrom, Nickel und Molybdän verleihen dem Stahl seine Eigenschaften. Je nach Zusammensetzung lassen sich magnetische, härtbare Stähle oder nicht magnetische und nicht härtbare Stähle erzeugen. Einige rostfreie Qualitäten eignen sich hervorragend für die Herstellung von Federn. In Fällen, in denen die Anwendung dies erforderlich macht, stellt Fagerhult auch Außenhüllen und Befestigungen aus rostfreiem Stahl her.

Säurefester rostfreier Stahl

Säurebeständiger rostfreier Stahl ist noch besser gegen Korrosion beständig als ausschließlich rostfreier Stahl. Dieser Stahl erhält seine Eigenschaften durch Legierungsbestandteile wie Chrom, Nickel, Mangan, Titan, Niob und Molybdän.

Hinsichtlich der Einsatzfähigkeit unserer Produkte unter extremen äußeren Bedingungen ist dies die höchste Qualität, die wir bieten können. Dabei kann es sich um Bereiche in der Industrie handeln, in denen Säure, Salze oder sonstige zersetzende Substanzen zum Einsatz kommen. Schon allein durch die Montage in Küstennähe kann eine normale Leuchte extremen Bedingungen ausgesetzt sein. Auch für säurebeständigen rostfreien Stahl gilt, dass es zur Rostbildung kommt, wenn die Oberfläche verschmutzt ist und dadurch nicht überall mit Sauerstoff in Berührung kommt.

Säurebeständiger rostfreier Stahl wird in der Regel mit ebenso beständigen Materialien (z. B. Glas anstatt Kunststoff) kombiniert, um insgesamt den bestmöglichen Schutz zu erzielen.

Aluminium mit guten lichtreflektierenden Eigenschaften

Zum Erzielen guter Lichtreflexionseigenschaften ist es wichtig, Materialien mit extrem hohem Reinheitsgrad zu verwenden. Schon eine Senkung des Reinheitsgrades um 0,1 % kann einen beträchtlichen Verlust des Wirkungsgrades mit sich führen. Bei Blechen (Plattierungen) gibt es Zusammensetzungen mit "unreinem" Grundmaterial. Dieses wird mit reinem Aluminium beschichtet. Anschließend wird die Oberfläche mithilfe eines chemischen Prozesses anodisiert, um sie gegen Oxidation bei Kontakt mit Säure oder anderen Stoffen widerstandsfähig zu machen. Plattierte Materialien sind eine geeignete Lösung, wenn man hohe Leistung mit niedrigen Kosten kombinieren möchte.

Eine andere Möglichkeit zur Erzielung effizient reflektierender Blechoberflächen (Faktor > 92 %) sind die Verwendung von Oxidschichten und die Vakuum-Metallisierung – siehe Abschnitt Blendschutz/Reflektoren.

Durch Anwendung verschiedener Prägungen kann die Oberfläche eine Struktur erhalten, die das Licht je nach Bedarf streut oder bündelt.

Kunststoff

Kunststoff ist eine modernes, in vielerlei Hinsicht interessantes Material, das fortlaufend weiterentwickelt wird. Die Gestaltungsfreiheit wird immer größer, es lassen sich immer mehr Funktionalitäten integrieren und das Gewicht von Kunststoffkonstruktionen lässt sich im Vergleich zu Metall leichter gestalten. Da selten eine Nachbearbeitung von Teilen erforderlich ist, bietet Kunststoff eine gute Produktionseffizienz. Die gefertigten Teile besitzen direkt die gewünschte Oberflächenstruktur und Farbe. Des Weiteren ist keine Reinigung oder Entgratung erforderlich.

Auch aus Umweltaspekten ist Kunststoff ein attraktives Material. Für die Herstellung von Kunststoffteilen wird wesentlich weniger Energie verbraucht als für die von Metallteilen. Auch der gesamte Ölverbrauch ist bei der Produktion von Kunststoffteilen wesentlich geringer. Hinzu kommt, dass sich Kunststoff wieder in neue Produkte und in Energie umwandeln lässt.

Einige der Märkte, auf denen Fagerhult tätig ist, stellen spezifische Anforderungen an die Brandschutzklassen von Produkten. Dadurch kann es möglich sein, dass wir für die Teile schwer entflammbare Kunststoffe verwenden, um das Entzünden eines Materials oder das Ausbreiten von Bränden zu erschweren. Fagerhult befolgt die RoHS-Richtlinie, die die Verwendung von Quecksilber, Cadmium, Blei, sechswertigem Chrom und den Flammschutzmitteln PBB sowie PBDE verbietet. Durch eine gute Materialwahl und zusätzlich durchdachte Konstruktionslösungen lässt sich der Bedarf an Flammschutzmitteln – auch an weniger schädlichen – umgehen.

Wie bereits erwähnt, bietet die Verwendung von Kunststoffen vielerlei Vorteile. Sie stellt jedoch auch große Anforderungen an die Konstruktion und die Materialwahl. Je nach Einsatzbereich und sonstigen Bedingungen für das Produkt sind in der Entwicklungsphase fortlaufend Tests und Simulierungen erforderlich, um alle Anforderungen erfüllen zu können – ohne Abstriche in Bezug auf Sicherheit oder Qualität.

Es ist eine Vielzahl unterschiedlicher Kunststoffe auf dem Markt erhältlich. Jeder einzelne wurde speziell für die Anforderungen von Produkten entwickelt. Einige dieser Kunststoffe werden nachfolgend ausführlicher beschrieben.

PVC (Polyvinylchlorid)
PVC ist ein Polymer, der aus Vinylchlorid-Molekülketten aufgebaut ist. Es handelt sich dabei um einen Thermoplast, der durch Hinzufügen von Chlor zu Ethen erzeugt wird und oftmals in der Bauindustrie Verwendung findet, z. B. für Rohre oder Kabelisolierungen. Materialien, die ausschließlich aus Polyvinylchlorid bestehen, sind relativ steif, weshalb man in der Regel Weichmacher (Phthalate) hinzufügt, um sie robuster und besser verwendbar zu machen. Polyvinylchlorid zeichnet sich durch eine gute Chemikalien- und Witterungsbeständigkeit aus.

Da PVC Chlor enthält, entstehen bei seiner Verbrennung Salzsäure und chlorierte Kohlenwasserstoffe. Der Rauch bei der Verbrennung ist aggressiv und greift Metalle sowie Elektronikgeräte in Gebäuden an. Aufgrund der hohen Sanierungskosten nach einem solchen Brand ziehen viele Kunden andere Alternativen vor. Weichmacher werden kontinuierlich abgegeben. Sie können auf andere Kunststoffmaterialien übergehen und diese sogar angreifen. Sie werden als umwelt- und gesundheitsschädlich sowie als fruchtbarkeitsschädigend eingestuft.

Die Produkte von Fagerhult sind intern mit PVC-freien Leitungen verdrahtet. Auf besondere Anfrage lassen sich sogar die Anschlussleitungen in PVC-freier Ausführung liefern. Allgemein gilt, dass unsere Produkte im Übrigen kein PVC enthalten.

PC (Polycarbonat)
Polycarbonat ist als transparenter und eingefärbter Thermoplast mit guten Festigkeitseigenschaften erhältlich – selbst bei niedrigen Temperaturen. Es kommt oft bei Anwendungen zum Einsatz, die eine hohe Stoß-, Tritt- und Schlagfestigkeit erforderlich machen, so z. B. bei Visieren, Maschinenschutzvorrichtungen, CD-Rohlingen und anderen Produkten, die langlebig und/oder transparent sein müssen. Das Material ist selbstlöschend. Im Konstruktionsstadium ist darauf zu achten, dass das Material keiner kontinuierlichen Spannung ausgesetzt ist, da dies ansonsten zu Rissbildung führt.

Polycarbonat lässt sich kaltbiegen (ähnlich wie Blech), zu langen Strängen extrudieren oder spritzgießen. Im Bereich Beleuchtung wird es als Isoliermaterial für Lampenhalter und Klemmen sowie für Schirme, Reflektoren und Staubschutzvorrichtungen verwendet. Bei Kunststoffleuchten, die gegen mutwillige Zerstörung beständig sein sollen, fällt die Materialwahl oftmals auf PC.

Polycarbonat ist kratzempfindlich und nur begrenzt gegen UV-Licht beständig. Es verfärbt sich durch UV-Licht gelblich, weshalb bei Bedarf UV-Stabilisatoren oder Lackoberflächen mit UV-Sperre hinzugefügt werden können (z. B. Scheiben bei Autoscheinwerfern). Das Material ist empfindlich gegenüber Chemikalien, vor allem gegenüber Basen, oxidierende Säuren, Methanol, aromatischen sowie chlorierten Kohlenwasserstoffe und Ammoniak. Für die Wartung und Reinigung von Abdeckungen, Stirnseiten aus Kunststoff und Staubschutz an unseren Produkten ist eine milde Seifenlauge zu verwenden. Polycarbonat eignet sich auch gut zur Metallisierung.

PBT (Polybutylenterephthalat)
PBT ist ein relativ steifes Material mit guten Verschleißeigenschaften und einer guten Chemikalienbeständigkeit. Auch die elektrischen Eigenschaften sind gut, weshalb sich PBT ausgezeichnet für die Verwendung in Lampenhaltern, Klemmen usw. eignet. Das Material ist selbst bei höheren Temperaturen einsetzbar. Glasfaserverstärktes PBT bietet eine noch höhere Wärmebeständigkeit. Aufgrund der ebenfalls guten UV-Beständigkeit, Witterungsbeständigkeit und Gleiteigenschaften wird PBT oftmals in der Automobilindustrie eingesetzt. PBT eignet sich ebenfalls zur Metallisierung. Dank der hier aufgeführten Eigenschaften eignet sich PBT gut für z. B. Downlights mit hohen Temperaturen und dem Bedarf an metallisierten Reflektorflächen.

PMMA (Polymethylmethacrylat)
PMMA läuft auch unter dem Handelsnamen Plexiglas® oder der Bezeichnung Acrylglas. Das Material besitzt eine hohe Lichtdurchlässigkeit und eignet sich gut für optische Zwecke. Des Weiteren zeichnet es sich durch hohen Oberflächenglanz und große Härte aus. PMMA ist leicht zu bearbeiten und bietet unbegrenzte Einfärbungsmöglichkeiten. PMMA ist UV-stabil und sehr witterungsbeständig, weshalb es sich gut für die Verwendung im Freien eignet. Daneben bietet das Material positive elektrische Eigenschaften.

Es ist gegen alkalische Lösungen sowie verdünnte Säuren und Öle, jedoch nicht gegen unverdünnte Säuren, Aceton und Alkohole beständig. Die Wärmebeständigkeit von PMMA ist relativ gering, weshalb das Material nur an Orten eingesetzt werden sollte, wo eine Temperatur von 55 °C nicht überschritten wird. Zwar lässt sich die Schlagzähigkeit von PMMA erhöhen, jedoch nicht ohne Einbußen bei den optischen Eigenschaften. PMMA wird im Allgemeinen für Abdeckungen und Abdeckscheiben von Beleuchtungen, Schilder, Fenster, Kontaktlinsen usw. eingesetzt.

PMMA ist ein eher sprödes Material, das schon bei mikroskopisch kleinen Anzeichen schnell zerbrechen kann. Ebenso wie PC darf es keinen längeren Spannungen ausgesetzt werden, da diese mit der Zeit zu Rissbildung führen.

Plexiglas® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Firma Röhm.

PS (Polystyrol)
Polystyrol zeichnet sich durch große Steifigkeit und Härte aus. Das Material besitzt ausgezeichnete optische Eigenschaften und eine gute Dimensionsstabilität. Weitere Vorteile sind der hohe Oberflächenglanz, die geringe Wasserabsorption und die hervorragenden elektrischen Eigenschaften. Als nachteilig sind die geringe Schlagzähigkeit und die geringe Chemikalienbeständigkeit zu vermelden, insbesondere in Bezug auf Lösungsmittel. Polystyrol ist nicht gegen starke Säuren beständig und löst sich in aromatischen Lösungsmitteln auf. Des Weiteren ist seine UV-Beständigkeit gering. Bei der Verwendung in Beleuchtungsprodukten oder im Freien läuft das Material schnell (nach 3–6 Monaten) gelb an. Die höchste Anwendungstemperatur liegt bei ca. 70 °C. Das Material ist nicht für Leuchten zur professionellen Verwendung zugelassen, vor allem nicht für lange Einschaltzeiten oder hohe Leistungen. Oftmals fällt die Materialwahl auf Polystyrol, wenn es rein um Produkte für den Hausgebrauch geht oder wenn die geringen Materialkosten im Vordergrund stehen.

PP (Polypropylen)
Polypropylen wird auch als Polypropen bezeichnet und ist einer der gängigsten Thermoplaste. Die Vorteile von PP liegen in seiner geringen Dichte und der hohen Festigkeit. PP zeichnet sich vor allem durch eine hohe Ermüdungsfestigkeit aus, wodurch sich das Material sehr gut für Scharnier-Konstruktionen eignet. Es ist gegen relativ hohe Temperaturen beständig, ohne dabei seine guten Eigenschaften einzubüßen, eignet sich dagegen aber schlechter für niedrige Temperaturen. Aus diesem Grund wird das Material bei kaltem Winterwetter schnell spröde und zerbricht. Ein weiterer Nachteil von PP ist seine Zersetzbarkeit durch nicht stabilisierte UV-Strahlung. PP kommt u. a. bei Stirnseiten von Leuchten zum Einsatz.

PC/ABS
Manchmal lassen sich bestimmte Eigenschaften von Produktteilen nur durch Kombinieren verschiedener Kunststoffe erzielen. PC/ABS ist eine solche Materialkombination, durch die man einerseits Steifigkeit, Zug- sowie Biegefestigkeit und andererseits Schlagzähigkeit erzielt. Diese Materialkombination ist außerdem dimensionsstabil und sehr witterungsbeständig. Gewöhnlicherweise wird PC/ABS dort verwendet, wo höhere Anforderungen an korrekte Passungen gestellt werden, sowie bei höheren Temperaturen. Das Material findet oftmals bei Elektronikgehäusen, Stirnseiten, Bedienfeldern für Instrumente usw. Verwendung.

Gummi

Komponenten aus Gummi werden am häufigsten für alle Arten von Dichtungen verwendet. Oft findet man sie als Dichtungsleisten außen an Leuchten, zur Abdichtung an Glasscheiben o. Ä. Auch die Verwendung als Einführungsdichtungen für Kabel ist nicht ungewöhnlich. In letzter Zeit wird Gummi immer häufiger durch Kunststoffe (Elastomere) ersetzt, die ähnliche Qualitäten aufweisen. Dies liegt daran, dass letztere günstiger und präziser in der Produktion sind. Des Weiteren ist die Oberfläche optisch ansprechender als die von Gummi.

EPDM-Gummi
Ozon- und witterungsbeständig. Gute Kältebeständigkeit. Begrenzte Beständigkeit gegen oxidierende Säuren und Chemikalien sowie tierische und pflanzliche Öle. Nicht gegen Mineralöl beständig. Temperaturbereich -40 °C bis +100 °C.

Chloropren-Kautschuk/Neopren (CR)
Zeichnet sich durch gute Alterungs- und Witterungsbeständigkeit aus. Außerdem gut beständig gegen Öl. Quillt in Mineralöl an, wird dadurch jedoch nicht zersetzt. Sehr gute mechanische Eigenschaften. Ausschließlich in schwarzen Mischungszusammensetzungen erhältlich. Kristallisiert bei Kälte aus. Temperaturbereich -20 °C bis +100 °C.

Reflektor- und Rastermaterial

Die Reflektoren und sogenannten aktiven Raster des Fagerhult-Sortiments sind für maximale Leistungsfähigkeit und exakt definierte Lichtverteilung konstruiert. Dadurch bilden sie eine ausgezeichnete Planungsgrundlage für energiesparende Beleuchtungslösungen. Eine entscheidende Systemkomponente ist die Auswahl des Reflektormaterials. Fagerhult hat sich dabei für die effektivsten Materialien entschieden, das am Markt erhältlich sind.

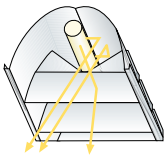
Bei den Leuchten für die T5-Leuchtstofflampe hat Fagerhult das marktweit effizienteste Aluminiummaterial für Reflektoren und Raster gewählt.

Auch zahlreiche Produkte für T8-Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen haben Reflektoren und Raster aus metallisiertem Aluminium mit exzellenten Reflektionseigenschaften (> 92 %) . So wird die Energie optimal genutzt, und die Umweltressourcen werden geschont.

Das r5 – ReflektorRaster-System

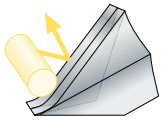
Fagerhults doppelparabolisches r5-Raster wurde für das Leuchtmittel T5 entwickelt, das hinsichtlich Lichtverteilung und Wirkungsgrad eine optimale Effizienz erzielt. Der hohe Wirkungsgrad trägt zu einer geradezu einzigartigen Energienutzung bei.

Das r5 Reflektor-Raster-System besteht aus einem doppelparabolischen Raster und einem Topreflektor, wodurch eine Maximierung des Wirkungsgrades und die Kontrolle der Leuchtdichte in sämtlichen Richtungen um die Leuchte herum erzielt wird. Das r5-Raster ist in den Größen r5, r5 mini und r5 micro erhältlich.

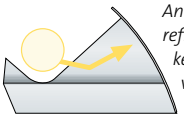


Das r5 Reflektor-Raster-System lenkt das Licht effizient, auch von der Rückseite der Leuchtstofflampe aus.

Dünne Querlamellen sorgen für eine größere Fläche der Lichtöffnung und erhöhen den Wirkungsgrad.



Dank der geschlossenen Oberseite der Querlamellen geht kein Licht verloren.



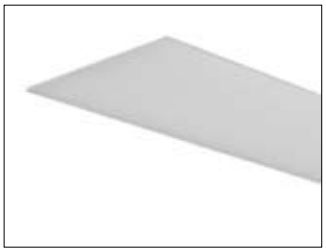
An den Seitenreflektoren entstehen keine Reflexionen von der Oberseite der Querlamellen.

Beta
Doppelparabolisches Darklight Reflektorraster mit Reflektoren und Querlamellen aus satiniertem Reinstaluminium als eine Einheit mit exzellenten Reflektionseigenschaften (> 92 %). Das Raster ist in der Leuchte gesichert und geerdet.

Gamma
Doppelparabolisches Darklight Reflektorraster mit Reflektoren und Querlamellen aus hochglänzendem Reinstaluminium als eine Einheit mit exzellenten Reflektionseigenschaften (> 92 %). Das Raster ist in der Leuchte gesichert und geerdet.

Terazza
Satinierter Reinstaluminiumreflektor mit exzellenten Reflexionseigenschaften (> 92 %) und alufarbenen Querlamellen als eine Einheit. Das Raster ist in der Leuchte gesichert und geerdet.

Lamell
Lamellenraster aus Stahlblech.

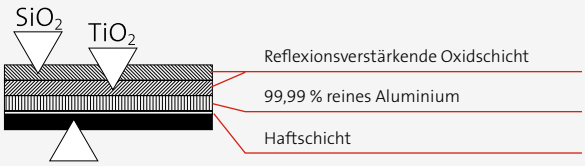


Delta
Mikroprismatisches Scheibe aus akryl (PMMA).

i Vorteilen r5-Raster

- Durch die Reduzierung der Stärke der Querlamellen hat sich die Fläche der gesamten Lichtöffnung um etwa 4 % vergrößert.
- Die Abdichtung der Oberseite der Querlamellen minimiert die Lichtverluste.
- Die geschwungene Oberseite der Querlamellen verhindert unerwünschte Reflexe im Seitenreflektor und sorgt für eine gute Abblendung in allen Richtungen.
- Metallisiertem Aluminium.
- Fester Topreflektor aus hochglänzendem metallisierten Aluminium.

i Reflektortechnologie



Vorteilen hochreflektierenden Aluminium in Handelsqualität:

- Reflexionsfaktor bis zu 95 %.
- 10 % höherer Reflexionsfaktor als bei eloxiertem Aluminium.
- Verbesserter kontrollierter Strahlengang.
- Keinerlei Farbverschiebungen auf der Oberfläche.
- Verringerte unerwünschte Strahlengangstreuung.
- Der Fertigungsprozess belastet die Umwelt weniger als z.B. das Eloxieren.

Viele unserer Leuchten werden standardmäßig mit montierten Anschlussleitungen in verschiedenen Ausführungen geliefert. Die Ausführung richtet sich dabei nach der Art der Leuchte und deren integrierten Funktionen, vom 3-adrigen Kabel mit Stecker über 5-adrige Kabel mit offenem Ende bis hin zu Kabeln mit Schnellverbindern, wie z. B. Wieland.

Für Leuchten, die ohne Anschlussleitung geliefert werden, können wir eine große Auswahl an Zubehör anbieten, vom einfachen 3-adrigen Kabeln mit geerdetem Stecker bis hin zu verschiedenen Typen fester Anschlüsse. Die Auswahlkriterien hierfür sind die Funktion und die Optik. Unser Sortiment umfasst Leitungen in verschiedensten Ausführungen und Längen. Die Produkte von Fagerhult sind intern mit PVC-freien Leitungen verdrahtet. Auf Anfrage lassen sich sogar die Anschlussleitungen in PVC-freier Ausführung liefern.

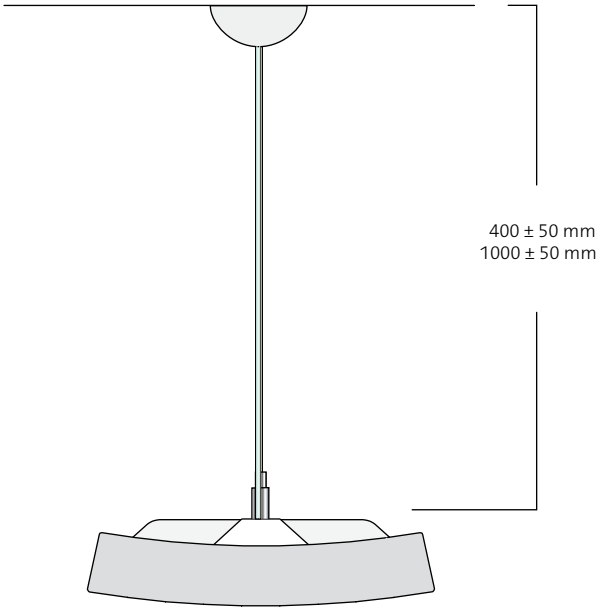
Transparente Anschlussleitungen

Mittlerweile sind sogar 3- und 5-adrige Anschlussleitungen in transparenter Ausführung erhältlich. Diese Wahl wird häufig aus ästhetischen Gesichtspunkten getroffen. Aus Zulassungsgründen können wir Produkte mit transparenter Anschlussleitung aufgrund der schwachen Farbmarkierung nicht unangeschlossen ausliefern, sondern müssen dafür Sorge tragen, dass die Anschlussleitung bei der Auslieferung an die Leuchte sowie an die Verbindungsklemme des Baldachins angeschlossen ist. Baldachine sind in Grau und in Weiß erhältlich. Bei der Bestellung ist die gewünschte Länge der Anschlussleitung anzugeben. Unsere beiden Standardlängen sind 400 und 1000 mm. Die letztendliche Länge kann je nach Leuchte und Anbringung der Verbindungsklemme um 50 mm variieren. Transparente Leitungen enthalten PVC.

Mehr über die Eigenschaften von PVC erfahren Sie auf Seite 449.

Seilaufhängung mit Einzelseil, Anschlusskabel 5×1,0 mm² und Baldachin zur Verwendung bei Leuchten mit externer Lichtregelung.

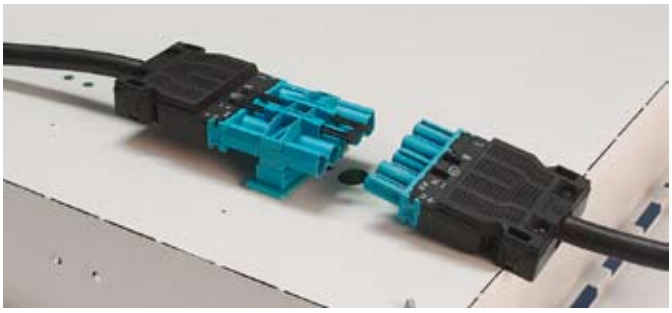
Transparente Anschlussleitungen werden werkseitig an die Leuchte und die Verbindungsklemme des Baldachins angeschlossen. Als 3- bzw. 5-polige Leitungen mit Baldachin erhältlich.

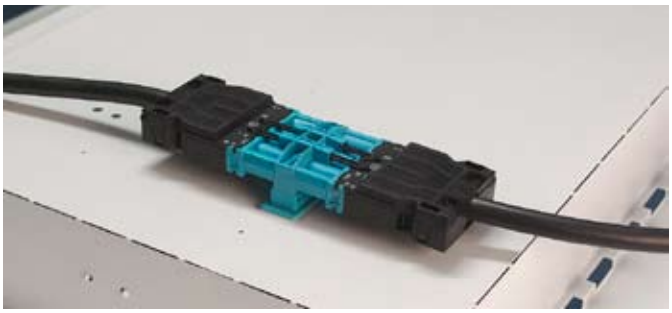


Um den Leuchtenanschluss zu erleichtern, lassen sich unterschiedliche Schnellverbinderfabrikate und -modelle einsetzen. Schnellverbindersysteme bieten den entscheidenden Vorteil, dass der Zeitaufwand für die Installation größerer Beleuchtungssysteme bzw. Beleuchtungsstrecken reduziert werden kann. Die Systeme ermöglichen ebenfalls eine große Flexibilität, so kann eventuell die Umsetzung bereits angeschlossener Einheiten erfolgen, ohne Änderungen an der festen Installation vornehmen zu müssen.

Um Fehlschaltungen zu verhindern, die im schlimmsten Fall dazu führen können, dass die angeschlossenen Produkte beschädigt werden oder eine Gefahrenquelle darstellen, müssen die erhältlichen Schnellverbindersysteme korrekt verwendet werden. Demzufolge sind die Hinweise des jeweiligen Systemherstellers zu befolgen. So darf z.B. ein 5-poliges Anschlusssystem für 3-phasige Installationen nicht anstelle einer 1-phasigen Leitung plus Steuerleiter zur Lichtregelung eingesetzt werden. Für derartige Systeme sind andere Anschlussvarianten zu nutzen, die eine versehentliche Fehlschaltung ausschließen.

Fagerhult bietet mehrere Produkte mit integriertem Schnellverbinder. Dieser Anschlusstyp kann entweder am Gehäuse befestigt sein oder die Leuchte wird mit angebrachter Leitung einschl. Schnellverbinder geliefert. Alle Verbindungen sind mit einer Verriegelung versehen. Als hauptsächliche Variante nutzen wir das Anschlusssystem GST von Wieland. Auf besonderen Wunsch können wir ebenfalls Produkte liefern, die sich für andere Schnellverbindersysteme eignen. Hinweise zu Produkten mit Schnellverbinder entnehmen Sie der jeweiligen Produktseite.





Leuchte mit Gehäuseanschluss und T-Verzweigung. Anschluss- und Verbindungsleitung werden nach der Installation mit Kunststoffklemmen befestigt. Zum Lösen der Anschlüsse ist ein Werkzeug erforderlich (z.B. Schraubendreher).

Einige Bestandteile unseres Sortiments sind auf Anfrage mit Linect-Verbindung erhältlich. Linect ist ein neues, internationales, herstellerunabhängiges Verbindungssystem, das mit verschiedenen Fabrikaten kompatibel ist.

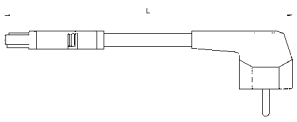
Anschlussleitungen		
	Winsta	**Wieland**
1-phasiges System, 3-polige Anschlüsse		
Länge 2 m, Buchse	**91060**	**91789**
Länge 2 m, Buchse und geerdeter Stecker	**91061**	**91790**
1-phasiges System + Lichtregelung 5-polig Anschluss blau		
Länge 2 m, Buchse	**91064**	**91022**
Verbindungsleitungen für Schnellverbindersysteme		
1-phasiges System, 3-polige Anschlüsse, weiße Leitung mit weißen Anschlüssen, Buchse und Stecker, Leitungsquerschnitt 3×1,5 mm²		
Länge 1 m	**91062**	**91791**
Länge 3 m	**91063**	**91793**
1-phasiges System mit Lichtregelung (1–10 V, switchDIM/DSI, DALI), 5-polige Anschlüsse, schwarze Leitung mit blauen Anschlüssen, Buchse und Stecker, Leitungsquerschnitt 5×1,5 mm²		
Länge 1 m	**91065**	**91030**
Länge 3 m	**91066**	**91031**
T-Verbindung zur Verzweigung direkt im Gehäuseanschluss der Leuchte		
1-phasiges System, 3-polig, weiß	**91067**	**91025**
1-phasiges System mit Lichtregelung (1–10 V, switchDIM/DSI, DALI), 5-polig, blau	**88226**	**91026**
H-Verbindung zur Verzweigung direkt im Gehäuseanschluss der Leuchte		
1-phasiges System, 3-polig, weiß	**91068**	
1-phasiges System mit Lichtregelung (1–10 V, switchDIM/DSI, DALI), 5-polig, blau	**91069**	
Befestigung für H-Verbindung		
Befestigung für 3-polig H-Verbindung, weiß	**91070**	
Befestigung für 5-polig H-Verbindung, weiß	**91071**	

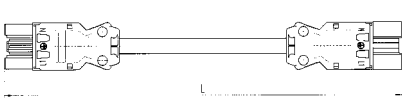
Verbindungsleitung.

T-Verbindung.

Verbindungsleitung.

H-Verbindung.





Leuchtenmontage

Machen Sie sich mit den mitgelieferten Montageanleitungen vertraut und befolgen Sie sie bei der Montage.

Bei der Messung des Isolierwiderstandes bei Leuchten mit EVGs müssen Phasen- und Nulleiter zusammengeschlossen werden. Die Messung darf nur zwischen den zusammengeschlossenen Phasen- und Nulleitern und Erde erfolgen und bei einer Gleichspannung von höchstens 500 V. Nach der Messung nicht vergessen, Phasen- und Nulleiter wieder zu trennen und sie korrekt an die Anschlussklemmen anzuschließen.

Was tun, wenn…?

1. Die Leuchtstofflampe nicht zündet oder die Leuchte nicht aus dem Standby-Status herauskommt:

- Erst prüfen, ob die Leuchte mit Spannung versorgt und kein Kurzschluss eingetreten ist.
- Prüfen, ob die Lampen in Ordnung sind.
- Bei zu niedriger Netzspannung zündet die Leuchtstofflampe nicht. Leuchten dürfen keiner ständigen Unterspannung ausgesetzt sein, dadurch kann das EVG beschädigt werden.
- Bei Kälte können sich die Eigenschaften der Komponenten so stark verändern, dass das EVG nicht mehr zuverlässig funktioniert. Die Leuchtstofflampe zündet nicht mit Sicherheit oder das EVG geht u. U. direkt auf Standby über. Funktion der Leuchte bei Raumtemperatur überprüfen.

2. Die Leuchtstofflampe flackert, nicht zündet oder grundlos aus und wieder angeht:

- Die Leuchte ist mit einer Leuchtstofflampe mit falscher Leistung oder falschem EVG bestückt.
- Ständige Überspannung. Netzspannung der Leuchte messen.
- Ein Leiter sitzt lose oder ist nicht angeschlossen. Anschlüsse überprüfen.
- In kalten Umgebungen verändern sich die Eigenschaften von sowohl EVG als auch Leuchtstofflampe, so dass die Leuchtstofflampe nicht mehr brennen kann.
- Zu langes Innenkabel.

3. Die Kathoden der Leuchtstofflampe glühen, aber die Lampe zündet nicht:

- Zu niedrige Netzspannung. Spannung an der Leuchte messen.
- Der Starter in einer Leuchte mit konventionellem VG kann defekt sein.
- Die Leuchte ist mit einer Leuchtstofflampe mit falscher Leistung/ vom falschen Type oder falschem EVG bestückt.

4. Die Enden der Leuchtstofflampe dunkler werden oder die Kathoden flackern:

- Gemäß Punkt 1 prüfen, ob die Leuchtstofflampen in Ordnung sind.
- Ein Leiter sitzt lose oder ist nicht angeschlossen. Anschlüsse gemäß Punkt 1 prüfen.
- Für bestimmte EVGs zur Lichtregelung empfiehlt es sich, die Leuchtstofflampen vor der Regelung 100 Stunden lang einbrennen zu lassen.

Zu bedenken ist jedoch, dass es normal ist, wenn die Lampenenden nach langer Benutzung und allmählichem Erreichen der Nutzlebensdauer abschwärzen.

5. Die Nutzlebensdauer bei Leuchtstofflampen zu kurz ist:

- Wird die Leuchtengruppe im Laufe eines Tages zu oft eingeschaltet? Die nominelle Nutzlebensdauer einer Leuchtstofflampe basiert auf einem Brennintervall von drei Stunden (acht Zündungen pro 24 Stunden). Wenn man mit einem konventionellen VG eindeutig mehr Einschaltprozesse durchführt, wird die Lebensdauer der Leuchtstofflampe erheblich verkürzt.
- Die Leuchte ist mit einer Leuchtstofflampe mit falscher Leistung/ vom falschen Type oder falschem EVG bestückt.
- Schlechter Kontakt im Stromkreis kann die Lebensdauer der Leuchtstofflampe verkürzen.

6. Die Leuchte weniger Licht als normal abgibt:

- Zu niedrige Netzspannung. Spannung an der Leuchte messen.
- Bei Betrieb bei niedrigen Temperaturen reduziert sich die Lichtausbeute der Leuchtstofflampen stark, und gleichzeitig verändern sich die EVG-Eigenschaften.

7. Beim Einschalten der Beleuchtung FI-Schalter oder Sicherung auslösen:

- In der Leuchtengruppe kann ein Erdungsfehler oder ein Kurzschluss vorliegen.
- Zu viele Leuchten an einem Sicherungsautomaten, siehe S. 444.
- Ein falsch an den Stromkreis angeschlossenes Messinstrument kann den FI-Schalter auslösen.

8. Probleme bei Lichtregelungsystemen auftreten:

- Grundsätzlich vor dem Anschluss überprüfen, ob die Leuchten für das eingesetzte Steuergerät geeignet sind.
- Anschlüsse für Steuerkreise 1–10 V sind mit (+) und (-) gekennzeichnet. Polarität überprüfen.
- Bei einer großen Anzahl Leuchten oder langem Steuerkreis kann der Einbau eines Signalverstärkers in den Steuerkreis erforderlich werden. Der Steuerkreis für digitalgesteuerte EVGs hat eine Höchstlänge von 250 m.

Prüfliste für Maßnahmen in Fällen, wenn Leuchtstofflampen nicht zünden oder in Leuchten mit EVGs nicht vorschriftsmäßig funktionieren.

1. Spannung zur Leuchte

- Prüfen, ob die Leuchte Netzspannung hat. Netzspannungsniveau durch Messung prüfen. Bei Leuchten mit regelbaren EVGs auch das Steuerspannungsniveau prüfen, falls sich dies messen lässt (analog 1–10 V DC). Steuerkreis abtrennen und prüfen, ob die Leuchte zündet (100 %).
- Aus Sicherheitsgründen bei den nachfolgenden Maßnahmen immer die Spannung unterbrechen. In einer Leuchte mit regelbarem EVG muss auch der Steuerkreis unterbrochen werden.

2. Leuchtstofflampe

- Prüfen, ob Leistung und Type der Leuchtstofflampe den Angaben des Datenschildes entsprechen. Gleichzeitig sicherstellen, dass die EVG-Leistung mit den Leistungsangaben des Datenschildes übereinstimmt.
- Prüfen, ob die Leuchtstofflampen vorschriftsmäßig in den Fassungen sitzen (d. h. dass die Lampe in ihren richtigen Sitz eingedreht bzw. -gedrückt wurde). Gleichzeitig die Fassungen prüfen und sicherstellen, dass die Leuchtstofflampen einen guten richtigen Kontakt haben (die Fassungen müssen richtig fest in der Leuchte sitzen). Ggf. Staub, Schmutz, Fett usw. entfernen. Hinweis: für die Platzierung bestimmter Leuchtstofflampentypen in der Leuchte gelten Einschränkungen.
- Nicht zündende Leuchtstofflampen gegen neue austauschen, die nachweislich einwandfrei funktionieren (selbst neue Leuchtstofflampen können defekt sein), und einschalten. Bei 2-lampigen Leuchten müssen beide Lampen gegen nachweislich einwandfreie Lampen ausgetauscht werden.

3. Anschlüsse

- Falls die Leuchtstofflampen nicht zünden, die Spannungszufuhr unterbrechen, die Verdrahtung auf lose Anschlüsse hin untersuchen und sicherstellen, dass sich auf den Kontaktflächen der Anschlüsse keine Isolierschicht befindet. Oft erkennt man lose Anschlüsse an einer gewissen Schwärzung oder Rußablagerung.

4. Das EVG

- Spannung am Vorschaltgerät ca. 20 Sekunden lang unterbrechen und dann wieder herstellen. EVGs sind in der Regel so konstruiert, dass sie sich abschalten, wenn sie eine defekte Leuchtstofflampe oder eine Unterbrechung im Leuchtstofflampenkreis registrieren. Das gleiche gilt für ein EVG, wenn die Leuchtstofflampe nicht in die richtige Position gedreht wurde oder wenn der Kontakt im Leuchtstofflampenkreis schlecht ist. Nicht alle EVGs von verschiedenen Herstellern können registrieren, dass eine defekte Leuchtstofflampe ohne Spannungsunterbrechung gegen eine neue ausgetauscht wurde.

i Reinigung der Leuchten

Eine Reinigung der Leuchten sollte normalerweise bei einem Wechsel der Leuchtstofflampen vorgenommen werden. Mit Staub und anderen Verunreinigungen bedeckte reflektierende Flächen sind dabei zu säubern.

Elektrische Komponenten oder Kabel dürfen nicht mit Reinigungsmittel oder Wasser in Kontakt kommen. Vor dem Reinigen von Leuchtengehäusen ist stets die Netzspannung zu unterbrechen.

Wir führen passende Reinigungssets. Diese können für alle Materialien eingesetzt werden, sowohl bei leichter als auch intensiver Verschmutzung.

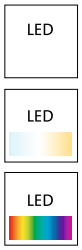
Ein Reinigungsset (Best. -Nr 94759) umfasst:

- 1 Liter konzentrierten Allzweckreiniger (ausreichend für 200 Liter fertige Lösung)
- 6 Allzweckreinigungstücher zur Nassreinigung
- 1 Lederreinigungstuch zum Abtrocknen
- Reinigungsanweisungen (können auch gesondert angefordert werden).

Symbolerklärung Legende

Das Symbol steht für die Lichtverteilung der Leuchte: direkt, direkt/indirekt, asymmetrisch, rundstrahlend usw. Mehrere Symbole für dieselbe Leuchte weisen darauf hin, dass die Leuchte in mehreren Ausführungen erhältlich ist.

Gibt Auskunft darüber, welche Leuchtmittel für die Leuchte verwendet werden können. Mehrere Symbole für dieselbe Leuchte weisen darauf hin, dass die Leuchte in mehreren Ausführungen erhältlich ist.



Die Symbole geben an, dass die Leuchte mit weißen LEDs bzw. mit LEDs mit Farbtemperatursteuerung oder mit RGB-Steuerung ausgestattet ist.

Kennzeichnet die IP-Klasse der Leuchte. Bei Angabe mehrerer Zahlen kann die Leuchte eine IP-Klasse nach oben oder unten besitzen oder an eine höhere IP-Klasse angepasst werden. Weitere Informationen entnehmen Sie der untenstehenden Tabelle.

Klasse I
Gebrauchsgegenstände mit Schutzisolierung. Ausgerüstet mit einem Schutzleiteranschluss.

Klasse II
Gebrauchsgegenstände mit doppelter Schutzisolierung. Der Gebrauchsgegenstand muss mit dem Symbol gekennzeichnet sein.

Klasse III
Der Gebrauchsgegenstand muss mit dem Symbol gekennzeichnet sein. Er ist für den Anschluss an Schutzkleinspannung über einen separaten Transformator vorgesehen.

Die Leuchte ist mit emLED wahlweise mit konventionellem Notlichtbetrieb erhältlich.

Demzufolge darf die Leuchte an normal entflammbarem Material montiert werden.

Die zulässige Außentemperatur der Leuchte ist gemäß dem Standard EN 60598-2-24 eingeschränkt (max. 90 °C an den Außenflächen der Leuchte bei Normalbetrieb).

t_a

Gibt die maximale normale Umgebungstemperatur für die Leuchte an. Typenschilder an Leuchten für Temperaturen über 25 °C sind mit einer separaten t_a-Kennzeichnung versehen, auf der die Höchsttemperatur angegeben ist.

Eine große Anzahl unserer Leuchten eignet sich auch gut für höhere Temperaturen. Bei speziellen Fragen hierzu wenden Sie sich bitte an unseren Vertriebsabteilung.

Alle Leuchten, mit Ausnahme von Produkten der Klasse III, erfüllen die Anforderungen für eine CE-Zertifizierung gemäß den EU-Richtlinien EMC 89/336/EEC, LVD 73/23/EEC und CE 93/68/EEC. Per CE-Zertifizierung garantieren wir als Hersteller, dass alle Anforderungen der Richtlinie erfüllt werden. Voraussetzung für die Vergabe eines CE-Zertifikats bildet ein umfassender Typentest der Leuchten.

Im Rahmen dieses Typentests werden die Leuchten auf ihre Sicherheit gemäß Euronorm EN 60598-1 sowie der geltenden Zusatzstandards geprüft. Darüber hinaus findet eine Überprüfung auf EMC-Emissionen bzw. elektromagnetische Verträglichkeit gemäß den Vorgaben nach EN 55015 bzw. EN 61547 statt. Die Leuchten durchlaufen außerdem eine detaillierte Produktionsendkontrolle.

Die meisten Fagerhult-Leuchten haben eine ENEC-Zertifizierung. ENEC steht als Abkürzung für European Norms Electrical Certification. Die Indexzahl 14 steht für das schwedische Prüfinstitut SEMKO. Voraussetzungen zur Erlangung einer ENEC-Zertifizierung sind u.a. die Einführung des Qualitätssystems ISO 9000 und entsprechende Produktionsendkontrollen. ENEC-Zertifikate werden im Gegensatz zur CE-Zertifizierung ebenfalls in einer Reihe von Ländern außerhalb der EU/EWR-Zone anerkannt.

Gehäuseklassen (IP-Klassen)

Leuchten sind mit einer IP-Bezeichnung versehen, die aus einem zweistelligen Code besteht. Dieser beschreibt den Schutzgrad in Bezug auf feste Gegenstände bzw. Feuchtigkeit und Wasser. IP 0X oder IP 1X kommen bei normalen Leuchten nicht vor. Die nachstehende Tabelle erklärt die jeweilige IP-Bezeichnung. Die IP-Klasse steht im Klartext auf dem Typenschild der Leuchte. Zu beachten ist, dass IP 20-Armaturen nicht gekennzeichnet sein müssen.

IP ist eine Verkürzung des englischen Ingress Protection.

Ausführung gemäß der ersten Zahl	**Ausführung gemäß der zweiten Zahl**						
	Ungeschützt	Tropfwassergeschützt	Regengeschützt	Spritzwassergeschützt	Strahlwassergeschützt	Wassergeschützt	Druckwassergeschützt
Ungeschützt	IP 00	IP 01					
Berührungsgeschützt	IP 10	IP 11	IP 13				
Berührungsgeschützt	IP 20	IP 21	IP 23				
Berührungsgeschützt	IP 40	IP 41	IP 43	IP 44	IP 45		
Staubsicher				IP 54	IP 55		
Staubdicht					IP 65	IP 67	IP 68

EG-Richtlinien

Eine EG-Richtlinie ist hinsichtlich des zu erreichenden Ergebnisses für jeden festgelegten Mitgliedsstaat bindend. Jeder Mitgliedsstaat darf jedoch die Form und das Verfahren der Umsetzung selbst bestimmen. Generell lässt sich sagen, dass eine Richtlinie eine Zielvorgabe darstellt. Der Weg zum Erreichen des Ziels wird in gemeinsamen Normen beschrieben, die von den europäischen Normungsorganisationen CEN, CENELEC und ETSI erarbeitet werden.

Laut EG-Vertrag kann eine Richtlinie vom Europäischen Parlament und vom Europarat, nur vom Europarat oder nur von der Europäischen Kommission angenommen werden. Im Rahmen der zivilrechtlichen Zusammenarbeit kommt in der Regel anstelle einer Richtlinie eine Verordnung zum Einsatz. Wurde eine EG-Richtlinie verabschiedet, muss diese von jedem Mitgliedsstaat umgesetzt werden. Dazu ist eine Umwandlung und Einbindung der Richtlinie in die nationale Gesetzgebung erforderlich.

Teilweise gibt es Mindestrichtlinien, bei denen sich die Mitgliedsstaaten höhere Ziele setzen können, als in der Richtlinienfassung enthalten. Daneben gibt es harmonisierte Richtlinien, die in sämtlichen Mitgliedsländern identisch eingeführt werden sollen. Diese beziehen sich oftmals auf Anforderungen an Produkte. Die EU kann auch sog. Rahmenrichtlinien verabschieden, die keinerlei detaillierten Regeln enthalten. Rahmenrichtlinien werden anschließend in die nationale Gesetzgebung eingebunden und mit detaillierten Bestimmungen ergänzt. Dies erfolgt durch die Kommission nach der Genehmigung durch das Parlament in Form von Verordnungen, die für alle Mitgliedsstaaten gleichermaßen gelten.

Gemeinsame Normen

Für die Ausarbeitung gemeinsamer europäischer Normen zur Festlegung neuer Verfahren bzw. Anforderungen in Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltfragen sind die europäischen Normungsorganisationen CEN, CENELEC und ETSI zuständig.

Die Abkürzung CEN steht für "Comité Européen de Normalisation" (Europäisches Komitee für Normung), das für nahezu alle Industriebereiche verantwortlich ist. Der CEN-Hauptsitz befindet sich in Brüssel. Zum Komitee zählen 31 Mitgliedsländer und weitere affiliierte Mitgliedsländer. Vertreter der Europäischen Kommission und der EFTA wirken ebenfalls an der Entwicklung von Normen mit.

i Europäische Normen

EN 1837
Sicherheit von Maschinen – Maschinenintegrierte Beleuchtung.

EN 1838
Notbeleuchtung.

EN 12193
Sportstättenbeleuchtung.

EN 12665
Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung.

EN 12464-1
Licht und Beleuchtung, Teil 1: Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen.

EN 12464-2
Licht und Beleuchtung, Teil 2: Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien.

EN 13861
Sicherheit von Maschinen – Leitfaden für die Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen.

EN 13032-1
Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 1: Messung und Datenformat.

EN 13032-1
Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 1: Nachtrag – Teil 1-ADD: Verfahren zur Messung von T5-Leuchten.

EN 13032-2
Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 2: Darstellung der Daten für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien.

EN 13032-3
Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 3: Darstellung von Daten für die Notbeleuchtung von Arbeitsstätten.

EN 13032-4
Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 4: Sportstättenbeleuchtung.

EN 13201
Straßenbeleuchtung – Teil 2: Gütemerkmale.
Straßenbeleuchtung – Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale.
Straßenbeleuchtung – Teil 4: Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen.

EN 14255-1
Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung.

EN 14255-2
Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 2: Sichtbare und infrarote Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz.

EN 14255-3
Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 3: Von der Sonne emittierte UV-Strahlung.

EN 14255-4
Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 4: Terminologie und Größen für Messungen von UV-, sichtbaren und IR-Strahlungs-Expositionen.

EN 15193
Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung.

EN 50172
Sicherheitsbeleuchtungsanlagen.

Alle Normen können beim Beuth Verlag in Berlin bestellt werden. Dort sind auch allgemeine Informationen über andere Normen, die den Bereich "Beleuchtung am Arbeitsplatz" betreffen erhältlich.

Richtlinie zu umweltschädlichen Substanzen

WEEE-Richtlinie 2002/96/EC, RoHS-Richtlinie 2005/95/EC und EuP-Richtlinie 2005/32/EC

Umwelt und Beleuchtungen

In den letzten Jahren war Fagerhult in einer rasanten technischen Entwicklung federführend. Bereits Ende der 80er Jahre haben wir ein EVG-Beleuchtungssystem entwickelt. Mitte der 90er Jahre vollzogen wir den nächsten Entwicklungsschritt: Leuchten für T5-Leuchtstofflampen. Aufgrund dieser Investition in T5 konnten wir effektivere Reflektoren und Raster fertigen.

Die Technik der enthaltenen Komponenten hat sich weiterentwickelt und damit unser Know-how darüber, wie wir das Licht effektiv verteilen können. Durch unsere Geschlossenheit und Innovationen können wir zu einem verringerten Energieverbrauch beitragen. 90 % der Umweltauswirkungen einer Beleuchtungsanlage zeigen sich während des Betriebs durch den Energieverbrauch. Indem wir effektivere Systeme entwickeln, können wir einen Beitrag für eine bessere zukünftige Umwelt leisten. Dies sehen wir als unsere Verantwortung als Marktführer in Skandinavien.

Auch wenn unser Hauptaugenmerk der Energie gilt, müssen wir uns der Umweltverantwortung als Produzent von Beleuchtungsprodukten und der integrierten Komponenten stellen.

WEEE-Richtlinie

Die WEEE-Richtlinie 2002/96/EG (Waste Electrical and Electronic Equipment) bezieht sich auf Herstellerverantwortung für Elektro- und Elektronikaltgeräte. Die Richtlinie besagt, dass Elektro- und Elektronikprodukte im Sinne einer Müllvermeidung sowie einer erhöhten Wiederverwendung und Wiederverwertung gestaltet und gefertigt werden sollen.

Hersteller und Importeure müssen für das Recycling der Produkte bezahlen und dafür sorgen, dass die Produkte eingesammelt und umweltgerecht wiederverwertet werden.

Produktkategorie 5 – Beleuchtungsausrüstung:
Waren oder Ausrüstung, die hergestellt wurden, um sie normalerweise wie folgt zu verwenden:

- als Leuchtmittel,
- zur Verteilung oder Steuerung von Licht oder
- als Hilfsmittel zur Verteilung oder Steuerung von Licht.

In dieser Produktkategorie sind Beleuchtungen, die für den Einsatz im Haushalt produziert werden, sowie Glühlampen nicht enthalten.

RoHS-Richtlinie

Die Richtlinie 2002/95/EG wird ebenfalls als RoHS-Richtlinie ("Restriction Of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment"; Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten) bezeichnet. Diese Richtlinie untersagt die Verwendung von Quecksilber, Kadmium, Blei, sechswertigem Chrom sowie den Flammschutzmitteln PBB und PBDE in elektrischen und elektronischen Produkten, die ab dem 01.07.2006 auf den Markt gelangen. Die Richtlinie betrifft die Produkte von Kategorie 1 bis einschließlich 7 sowie 10 der WEEE-Richtlinie.

Von denen in und von der RoHS-Richtlinie verbotenen Produkte ist es vor allem Blei, das Veränderungen bewirkt hat. Schließlich war es in den meisten Lötungen, aber auch in vielen anderen Produkten enthalten.

Ausnahmen
Ausnahmeregelungen gelten z.B. für Quecksilber in Leuchtstofflampen und Blei in optischen Gläsern. Batterien wurden in einer eigenen Richtlinie erfasst. Ersatzteile zur Reparatur von elektrischen und elektronischen Produkten, die vor dem 01.07.2006 auf den Markt kamen, sind ebenfalls nicht darin enthalten. Produkte, die Bestandteil eines Produkts sind, das in der WEEE-Richtlinie erfasst ist, sind ebenfalls nicht von den Anforderungen der RoHS-Richtlinie betroffen.

Wie erfüllt Fagerhult die RoHS-Anforderungen?
Unsere Einkäufer haben unsere Lieferanten gefragt und von ihnen schriftliche Versicherungen erhalten. Zudem haben wir alte EVG-Auslaufmodelle verschrottet.

EUP-Richtlinie

Die Richtlinie 2005/32/EG bzw. EUP-Richtlinie (Energy Using Products; energiebetriebene Produkte) wurde am 6. Juli 2005 angenommen. Sie bildet den Rahmen zur Festlegung von Anforderungen für die umweltgerechte Gestaltung ("Öcodesign") energiebetriebener Produkte.

Diese Richtlinie gilt u.a. für elektrische und elektronische Produkte und wird in die früheren Richtlinien WEEE und RoHS implementiert. Diese Richtlinie umfasst alle Produkte, die für ihre Funktion Energie benötigen. Davon ausgenommen sind Transportmittel für Menschen und Güter.

Die EUP-Richtlinie wurde aufgestellt, um die Industrie dazu zu zwingen, künftig Produkte zu entwickeln, die bei der Herstellung und im gesamtem Lebenszyklus weniger Energie verbrauchen.

Zielsetzung dieser Richtlinie ist es, bei Herstellung, Betrieb und Entsorgung energiebetriebener Produkte Energie und andere Ressourcen einzusparen. Produkte, die diese Anforderungen nicht erfüllen, erhalten keine CE-Kennzeichnung und keine Marktzulassung innerhalb der EU. Bis zum derzeitigen Zeitpunkt hat der Regelungsausschuss (bestehend aus Repräsentanten der zuständigen Behörden in den einzelnen EU-Ländern) unter anderem für folgende Aspekte Produktanforderungen verabschiedet:

- Standby-Leistungen.
- Straßen- und Bürobeleuchtung.
- Einfache Digitalboxen.
- Externe Netzaggregate.
- Haushaltsbeleuchtung.

Nach der Verabschiedung durch den Regelungsausschuss wird der Gesetzentwurf in das EU-Parlament (Ministerrat) weitergegeben, wo er beschlossen oder abgelehnt werden kann. Das Gesetz trat im Februar 2009 in Kraft.

Verordnung 244
Am 8. Dezember 2008 verabschiedete der Regelungsausschuss die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen, die wie folgt schrittweise zu erfolgen hat (siehe Infokasten).

Verordnung 245
Für Produkte der gewerblichen Beleuchtung – Straßen- und Bürobeleuchtung beschloss der Regelungsausschuss die Verordnung (EU) Nr. 245/2009 der Kommission vom 18. März 2009, geändert durch die Verordnung (EU) Nr. 347/2010 der Kommission vom 21. April 2010, in Bezug auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen ohne eingebautes Vorschaltgerät, Hochdruckentladungslampen sowie Vorschaltgeräte und Leuchten zu ihrem Betrieb. Dieser drei Stufen umfassende Entwurf (EuP – regulation on tertiary sector lighting products) wurde im März 2009 vom EU-Parlament verabschiedet. Der Entwurf bezieht sich auf Anforderungen an das Ökodesign von Leuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät, von Hochdruck-Entladungslampen sowie von Vorschaltgeräten und Leuchten für diese Leuchtmittel (siehe Infokasten).

Zusätzlich zu den oben genannten Richtlinien werden im Folgenden einige Beispiele für weitere Gesetze und Verordnungen aufgeführt:

REACH-Verordnung

Dies ist eine Chemikalienverordnung, die große Teile von Regeln ersetzt, die vor dem 1. Juni 2007 in der EU galten.

Niederspannungsrichtlinie

Andere Bezeichnung für die EU-Richtlinie 2006/95/EG, die Personen und Sachwerte gegen Schäden durch elektrisch betriebene Geräte schützen soll. Sie soll u. a. Schutz vor elektromagnetischen Feldern, Feuer und Stromschlag bieten.

Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die Richtlinie 2004/108/EG soll gewährleisten, dass die Funktion von Funk- und Telekommunikationsgeräten sowie sonstigen Elektrogeräten nicht durch elektromagnetische Störung beeinträchtigt wird. Die Sicherheitsanforderungen legen einerseits die Vermeidung von elektromagnetischen Störungen und andererseits die erforderliche Verträglichkeit dagegen fest.

i Stufen der Verordnung 244

Stufe 1 – 1. September 2009
- Alle Glühlampen mit klarem Glas > 950 lm (≈ 80 W) und alle Glühlampen mit nicht klarem Glas werden aus dem Handel genommen. Klare Glühlampen sind durch-Glühlampen der Energieeffizienzklasse C zu ersetzen. Matte sind durch solche der Energieeffizienzklasse A zu ersetzen.

Stufe 2 – 1. September 2010
- Alle Glühlampen mit klarem Glas > 725 lm (≈ 65 W) werden aus dem Handel genommen und durch Glühlampen der Energieeffizienzklasse C ersetzt.

Stufe 3 – 1. September 2011
- Alle Glühlampen mit klarem Glas > 450 lm (≈ 45 W) werden aus dem Handel genommen und durch Glühlampen der Energieeffizienzklasse C ersetzt.

Stufe 4 – 1. September 2012
- Alle Glühlampen mit klarem Glas > 60 lm (≈ 7 W) werden aus dem Handel genommen und durch Glühlampen der Energieeffizienzklasse C ersetzt.

Stufe 5 – 1. September 2013
- Erhöhte Qualitätsanforderungen.

Prüfung
- Eine Prüfung und Überarbeitung der Anforderungen wird für 2014 erwartet.

Stufe 6 – 1. September 2016
- Alle Glühlampen mit klarem Glas > 60 lm (≈ 7 W) werden aus dem Handel genommen und durch Glühlampen der Energieeffizienzklasse B ersetzt.

i Stufen der Verordnung 245

Stufe 1 – ein Jahr nach Inkrafttreten (2010)
- Für Leuchtmittel gilt, dass T8 Halophosphat-Leuchstofflampen und Leuchtstofflampen (T8 u. T5) mit Farbwiedergabeindex < RA 80 verboten werden. Des Weiteren ist der Hersteller verpflichtet, übers Internet und über seine technische Dokumentation Produktinformationen für Leuchtstofflampen und Hochdruck-Entladungslampen bereitzustellen.
- Für Vorschaltgeräte gilt die Pflicht zur EEI-Kennzeichnung (Energie-Effizienz-Index) bei allen Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen. Die in Tabelle 16 aufgeführten elektromagnetischeVorschaltgeräte müssen mindestens EEI-Klasse B2 erfüllen. Elektronische Vorschaltgeräte müssen mindestens die Anforderungen von Klasse A2 und elektronische Vorschaltgeräte zur Steuerung mindestens die von Klasse A1 erfüllen. Die nicht in Tabelle 16 aufgeführten Vorschaltgeräte müssen EEI-Klasse B3 erfüllen. Die Standby-Leistung von Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen muss unter 1 W liegen.
- Für Leuchten gilt, dass der Leuchtenhersteller innerhalb von 18 Monaten nach Inkrafttreten von Stufe 1 (zweite Jahreshälfte 2010) für Leuchten mit Leuchtstofflampen und integrierten Vorschaltgeräten (> 2000 Lumen) Produktinformationen übers Internet und über seiner technische Dokumentation bereitstellen muss. Diese Informationen haben auch Angaben zur Wartung und Entsorgung von Produkten zu enthalten. Des Weiteren gelten für Leuchten dieselben Standby-Höchstwerte wie für Vorschaltgeräte.

Stufe 2 – drei Jahre nach der Durchführung (2012)
- Für Leuchtmittel gilt, dass T10- und T12-Halophosphat-Leuchtstofflampen verboten werden. Weitere verbotene Leuchtmittel sind die am wenigsten effizienten Natriumdampfhochdrucklampen und die am wenigsten effizienten Halogenmetalldampflampen (mit E27-, E40- und PGZ12-Fassung). Fünf Jahre nach Inkrafttreten (2015) werden auch Quecksilberdampflampen verboten.
- Einführung von Mindesteffizienzanforderungen für Vorschaltgeräte von Hochdruck-Entladungslampen. Des Weiteren wird die obligatorische EEI-Kennzeichnung (Energie-Effizienz-Index) für alle Vorschaltgeräte eingeführt. Die Standby-Leistung von Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen muss unter 0,5 W liegen.
- Leuchten mit integriertem Vorschaltgerät müssen den Mindesteffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte aus der dritten Stufe entsprechen. Dies gilt jedoch nicht für Leuchten mit Schutzart ab IP 4X aufwärts. Es besteht die Pflicht zur Bereitstellung von Informationen über sämtliche Leuchten übers Internet und die Produktdokumentation. Des Weiteren gelten für Leuchten dieselben Standby-Höchstwerte wie für Vorschaltgeräte.

Stufe 3 – acht Jahre nach Inkrafttreten (2017)
- Hinsichtlich Leuchtmitteln werden die meisten Halogenmetalldampflampen verboten (≤ 405 W mit E27-, E40 und PGZ12-Fassung). Des Weiteren werden Kompaktleuchtstofflampen mit 2 Stiften verboten.
- An Vorschaltgeräten werden Produkte mit Klasse B1, B2 und A3 für Leuchtstofflampen verboten. Des Weiteren werden je nach Leistung des Leuchtmittels Anforderungen an die Effizienz des Vorschaltgeräts gestellt.
- Hinsichtlich Leuchten müssen alle Leuchten mit Vorschaltgerät die Anforderungen an Vorschaltgeräte aus Stufe 3 erfüllen. Zulässige Klassen für Vorschaltgeräte sind A2 und A2 BAT. Für regelbare Vorschaltgeräte gilt die Klasse A1 BAT.

Am 4. Januar 2006 trat die neue EU-Richtlinie 2002/91/EG (EG steht für Europäische Gemeinschaften) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in den Mitgliedsstaaten in Kraft. Die Richtlinie schreibt vor, dass Gebäude hinsichtlich ihres Gesamtenergieverbrauchs deklariert werden müssen. Der Energieverbrauch von Gebäuden ist im Voraus zu berechnen und zu deklarieren. Dies gilt für alle Energiearten: Beleuchtung, Heizung, Kühlung, Belüftung usw.

Damit soll die Energieeffizienz von Gebäuden innerhalb der EU verbessert und somit der Ausstoß klimaschädlicher Gase gemäß den Vorgaben des Kyoto-Protokolls verringert werden. Gleichzeitig soll die zu importierende Energiemenge gesenkt werden.

Die Richtlinie soll Optimierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz fördern, wobei lokale Verhältnisse berücksichtigt werden. Bekanntermaßen bestehen in Südeuropa andere Voraussetzungen als in Nordeuropa.

Mit der Richtlinie soll die Energienutzung in Europa effektiver gestaltet werden. Sie stellt einen Teil der EU-Maßnahmen dar, um die Vorgaben des Kyoto-Protokolls zum verringerten Ausstoß von Treibhausgasen zu erfüllen.

Die EU-Richtlinie schreibt vor, dass “alle“ Gebäude hinsichtlich ihres Energieverbrauchs deklariert werden müssen. Die Richtlinie legt fest, dass die betroffenen Gebäude klassifiziert werden müssen, wobei alle Energiearten, Tageslicht, Belüftung usw. zu berücksichtigen sind.

Gemäß der Richtlinie ist zu berücksichtigen, wie die installierte Leistung im Verlauf der Zeit genutzt wird. Der zu deklarierende Wert wird in der Einheit kWh/m² pro Jahr angegeben.

DIN V 18599 Teil 1-10

Energetische Bewertung von Gebäuden (Wird nur in Deutschland angewendet)

Der Standard, der die Methodik zur Berechnung des Energieverbrauchs von Beleuchtung festlegt, heißt in Deutschland DIN V 18599 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End-, Primärenergiebedarfs für Heizen, Kühlen, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Diese DIN ist auch als Vornorm bindend, da sie als DIN V 18599 in der EnEV 2007 als Grundlage für die Berechnung der Gesamtenergie aufgeführt ist.

Die genannte DIN besteht aus 10 Teilen und ist unterteilt in einen allgemeinen Teil (Teil1), die Teile 2–9 beschreiben die unterschiedlichen Energieverbrauchsarten für Heizen, Kühlen, Luftaufbereitung, Beleuchtung, Klimatisieren, Trinkwarmwasser und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Teil 10 definiert die Gebäuderelevanten Klimadaten und die Nutzungsrandbedingungen.

Die folgende Abhandlung beschränkt sich auf die Handhabung der DIN für den Bereich Beleuchtung. Die hierfür relevanten Teile sind DIN V 18599 Teil 1,4 und 10.
Teil 1 beschreibt das allgemeine Bilanzierungsverfahren, die Zonierung und die Bewertung der Energieträger.
Teil 4 beschreibt die Berechnung des Nutz- und Endenergiebedarfs für Beleuchtung.

Teil 10 schreibt die Nutzungsrandbedingungen und die Klimadaten fest.

Im Gegensatz zu anderen in Europa herangezogenen Normen zur energetischen Bewertung von Gebäuden wird in der DIN V 18599 die notwendige Energie für Standby-Zeiten z.B. für Präsenzmelder, die Ladeleistung für Notlichtleuchten oder der Eigenverbrauch von Lichtregelanlagen, nicht berücksichtigt.

Zur Ermittlung der Endenergie für Beleuchtung wird das Gebäude in Zonen eingeteilt. Es werden Bereiche mit annähernd gleichen Nutzungsrandbedingungen und Klimadaten in Zonen zusammengeführt, die wiederum in Berechnungsbereiche aufgeteilt werden können.

Wichtige Bestandteile für die Zonierung sind die Art der Beleuchtung, die Fensteranteile an den Außenwänden und/oder Oberlichter und die geografische Ausrichtung der Räume in Bezug auf den Tageslichteinfall.

Verschiedene Räume mit gleicher Nutzung können also durchaus unterschiedliche Zonen im Sinne der Norm aufweisen. Ein größerer Raum der z.B. zwei oder mehrere Fensterfronten in verschiedene Himmelsrichtungen hat, kann eine Aufteilung in mehrere Zonen erfordern.

Für die energetische Bewertung der Beleuchtung sind die Art der Beleuchtung, die Nutzungsrandbedingungen, DIN 12464-1, der Tageslichtquotient und die geografische Ausrichtung der Räume zu beachten.

Der Endenergiebedarf für Beleuchtungszwecke in allen Zonen und Berechnungsbereichen eines Gebäudes errechnet sich wie folgt:

$$Q_{l,f} = Q_{l,b} = \sum_{n=1}^{N} F_{t,n} \cdot \sum_{j=1}^{J} Q_{l,b,j}$$

Der Energiebedarf für Beleuchtung eines Berechnungsbereichs ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$Q_{l,b,n,j} = p_j \cdot [A_{TLj} \cdot (t_{eff,\,Tag,\,KTL,\,j} + t_{eff,\,Nacht,\,j}) + A_{KTL,\,j} \cdot (t_{eff,\,Tag,\,KTL,\,j} + t_{eff,\,Nacht,\,j})]$$

Hier ist deutlich der Einfluss der Nutzungsrandbedingungen, unterteilt in Bereich mit **T**ages**l**icht (ATL), Bereich **k**ein **T**ages**l**icht (AKTL) und die Tag/Nacht Nutzung ersichtlich.

Die Beurteilung der errechneten Endenergie für Beleuchtung erfolgt mittels eines Referenzwertes, der sich aus mehreren Faktoren zusammensetzt. In der DIN V 18599-4 im Abschnitt 5.4 sind tabellarisch die relevanten Faktoren für die Art der Beleuchtung, Art der Vorschaltgeräte, Lampentype, Raumindex und der Abminderungsfaktor für die eigentliche Sehaufgabe aufgeführt. In Verbindung mit den Nutzungsrandbedingungen ergibt sich der Referenzwert, der von dem in der Beleuchtungsplanung ermittelten Endenergiewert nicht überschritten werden darf.

Dieser ermittelte Wert in Verbindung mit der zeitlichen (z.B. jährlichen) Nutzung der zu bewertenden Räume macht deutlich, dass der Einsatz von Präsenzmeldern und der Tageslichteinfall mit einer damit verbundenen tageslichtabhängigen Lichtregelung einen entscheidenden Faktor für die Planung von Beleuchtungsanlagen ausmacht. Das Lichtberechnungsprogramm DIALux ist bereits mit einem Berechnungstool zur Ermittlung der Gesamtenergie für Beleuchtung ausgestattet. Bei der Beleuchtungsberechnung müssen nur noch einige relevante Eckdaten eingegeben werden. Die Nutzungsrandbedingungen und die Bereiche mit und ohne Tageslicht (ergeben sich aus der Größe und evtl. Verbauung der Fensteröffnung und deren Himmelsrichtung oder aus der Position und Größe von Oberlichtern) sind bereits in den

Programmen hinterlegt und werden automatisch in die Berechnungen einbezogen. Entsprechende Ausdrucke zeigen auf schnelle und unkomplizierte Art, ob die vorgesehene Beleuchtung den Vorgaben zur Energieeffizienz gerecht werden oder nicht. Gegebenfalls ist die Beleuchtungsplanung nach einem anderen, energieeffizienteren Konzept zu wiederholen um mit der ermittelten Gesamtenergie für Beleuchtung den vom Gesetzgeber vorgegeben Referenzwert nicht zu überschreiten.

Nur mit einem hohen Maß an Fachwissen sind alle Faktoren für eine "gute Beleuchtung" in Einklang zu bringen. Die Beleuchtungsanlage muss Energieeffizient sein, die Vorgaben der DIN EN 12464-1 einhalten, den vorgegebenen Kostenrahmen berücksichtigen und ein angenehmes Klima verbreiten: im Retailbereich einen verkaufsfördernden Eindruck, im Bürobereich ein angenehmes Arbeitsklima und in der Industrie eine dem jeweiligen Arbeitsablauf entsprechenden Beleuchtung, die auch der Unfallverhütung entsprechen muss.

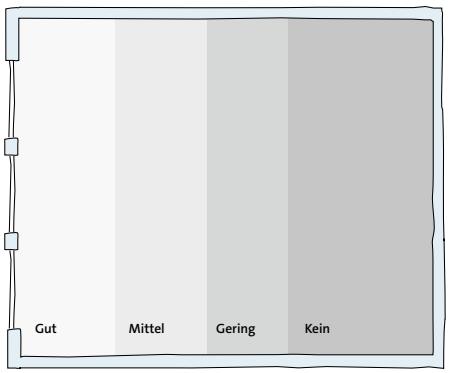
Tageslichtmenge

In den Beispielen auf den vorhergehenden Seiten ist die Tageslichtmenge entsprechend der Abbildung rechts gekennzeichnet.

Die Tageslichtmenge unterteilt den Raum in verschiedene Zonen. Diese Zonen beschreiben ein bestimmtes Tageslichtintervall und werden mit dem Tageslichtquotienten Gut, Mittel, Gering oder Kein bezeichnet. Bei Leuchten in Zonen mit stärkerem Tageslichteinfall kann die Nutzungszeit erheblich verringert werden, wodurch die gesamte Leistungsaufnahme der Leuchten reduziert wird.

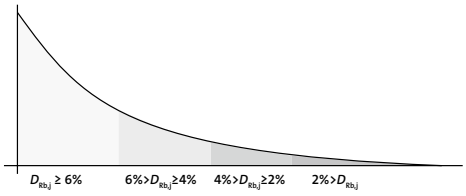
Der Tageslichtquotient $D_{Rb,j}$ für die Rohbauöffnung bei vertikaler Fassade kann näherungsweise durch den Transparenz-Index $I_{Tr,j}$, den Raumtiefen-Index $I_{Rt,j}$ und den Verbauungs-Index $I_{V,j}$ nach folgender Formel ermittelt werden:

$$D_{Rb,j} = (4{,}13 + 20{,}0 \cdot I_{Tr,j} - 1{,}36\, I_{Rt,j})\, I_{V,j} \quad \text{in \%}$$



Tageslichtquotient ($D_{Rb,j}$)

Beispiel einer Zonenunterteilung in einem Raum mit Tageslichteinfall.



Standard EN 15193

Um eine einheitliche Berechnungsmethode zu entwickeln, werden gemeinsame Standards geschaffen, um den jeweiligen Energieverbrauch im Gebäude zu berechnen.

Einen wichtigen Teil beim Energieaufkommen in einem Gebäude macht natürlich die Beleuchtung aus. Der Standard EN 15193 "Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung" stellt eine harmonisierte Berechnungsmethode dar, mit deren Hilfe sich die Energienutzung durch die Innenbeleuchtung ermitteln lässt. Die Energieeffizienz der Beleuchtung in einem Gebäude wird mit einem Index (Lighting Energy Numeric Indicator, LENI) bewertet und in kWh/m² pro Jahr angegeben.

Der LENI-Indikator muss für das gesamte Gebäude angegeben werden und lässt sich einsetzen, um den Energiebedarf für Beleuchtungszwecke zu vergleichen. Ein Vergleich ist etwa zwischen verschiedenen Gebäuden mit derselben Funktion, jedoch unterschiedlicher Größe und Ausführung möglich.

Indikator für die Energieeffizienz der Beleuchtung

Der Energieverbrauch durch die Beleuchtung wird mit einem Index (Lighting Energy Numeric Indicator, LENI) bewertet und in kWh/m² pro Jahr angegeben.

LENI ein Indikator für den jährlichen Energieverbrauch der Beleuchtung in einem Gebäude oder einer bestimmten Räumlichkeit. Die Beleuchtung muss gleichzeitig die geltenden Standards und Empfehlungen für die Innenbeleuchtung (EN 12464-1) erfüllen.

W_{total} Jährlicher Gesamtenergieverbrauch für die Beleuchtung.

A Gesamtinnenfläche des Gebäudes (m²). Dies ist die Fläche innerhalb der Außenwände ausschließlich nicht verwendeter Kellerräume und Räume ohne Beleuchtung.

Der LENI-Indikator für ein Gebäude wird mit folgender Formel berechnet:

$$\mathbf{LENI}_{errechnet} = \mathbf{W}_{total} / \mathbf{A} \quad (kWh/m^2, Jahr)$$

Der LENI-Indikator lässt sich mit zwei Methoden errechnen: schnell oder ausführlich.

Schnelle Methode

Mit diesem Verfahren wird der jährliche Gesamtenergieverbrauch eines Gebäudes ungefähr ermittelt. Diese Methode ist lediglich auf einige gängige Gebäudetypen anwendbar. Um eine schnelle Berechnung zu ermöglichen, enthält der Standard mehrere Tabellen, aus denen sich Standarddaten für verschiedene Gebäudetypen auf Jahresbasis ablesen lassen. Dazu zählen Bürogebäude, Lehr- und Ausbildungsgebäude, Krankenhäuser, Hotels, Restaurants, Sportanlagen, Warenhäuser und Einzelhandelsgebäude sowie Gebäude der verarbeitenden Industrie.

Die schnelle Berechnungsmethode nutzt den Standardwert von 6 kWh/m² pro Jahr für die parasitäre Energie ($W_{parasitic}$), die im geeigneten Fall einzubeziehen ist. Sie verteilt sich auf 1 kWh/m² pro Jahr für die Aufladung von Notbeleuchtung und 5 kWh/m² pro Jahr für Standby-Vorschaltgeräteenergie. Die schnelle Methode sollte nicht für genauere Berechnungen des Energieverbrauchs eingesetzt werden, da hierbei in der Regel höhere LENI-Werte herauskommen.

Berechnungsformel der schnelle Methode:

$$\mathbf{LENI} = \mathbf{W}_{light} + \mathbf{W}_{parasitic} / \mathbf{A} \quad (kWh/m^2, Jahr)$$

Ausführliche Methode

Dieses Verfahren ermöglicht eine exakte Berechnung des Energieverbrauchs, da es von tatsächlichen Werten für jeden Raum ausgeht. Die ausführliche kann im Gegensatz zur schnellen Methode für alle Gebäudetypen herangezogen werden. Dies gilt selbst für unterschiedliche geografische Standorte. Da die ausführliche Methode von tatsächlichen Werten ausgeht, ergibt sich ein niedrigerer LENI-Indikator als beim schnellen Berechnungsverfahren. Die von Fagerhult ausgeführten Berechnungen sowie die DIALux-Werkzeuge, nutzen die ausführliche Methode.

Die ausführliche Methode ist bei allen Gebäudetypen unabhängig von ihrer geografischen Lage einsetzbar. Mithilfe des ausführlichen Verfahrens kann ein bestimmter Zeitraum (also nicht nur ein ganzes Jahr) betrachtet werden, wenn ungefähre Angaben zu Anwesenheit und Tageslichtmenge vorliegen.

Berechnungsformel der ausfürliche Methode:

$$\mathbf{LENI} = \mathbf{W}_{light} + \mathbf{W}_{parasitic} / \mathbf{A} \quad (kWh/m^2, Zeiteinheit^*)$$

** Die ausführliche Methode erlaubt eine Berechnung auf Jahres-, Monats- bzw. Stundenbasis.*

Der gesamte Energieverbrauch für die Beleuchtung wird mit folgender Formel berechnet und in kWh/Jahr angegeben:

$$W_{total} = W_{light} + W_{parasitic}$$

W_{light} Der geschätzte Energieverbrauch für die Beleuchtung im Gebäude während eines bestimmten Zeitraums. Dabei werden alle Leuchtmittel und Vorschaltgeräte einberechnet.

$W_{parasitic}$ Die geschätzte Energiemenge, die bei ausgeschalteter Beleuchtung verbraucht wird. Dabei handelt es sich um die Energie, die für Vorschaltgeräte im Standby-Zustand oder für Aufladung von Notbeleuchtung aufgewendet wird.

i Welche Faktoren beeinflussen die Leistungsaufnahme der Beleuchtung im Betrieb, W_{light}?

P_n gesamte installierte Beleuchtungsleistung in einem Raum oder einer Zone, gemessen in Watt ($P_n=\sum P_i$)

F_C Verringerungsfaktor für die konstante Beleuchtungsstärke in einem Raum oder einer Zone.
F_C wird beeinflusst von:
- Beibehaltungsfaktor (β)
- Wartungsplan

Bei Konstantlichtsteuerung gilt folgendes:
F_C=(1 + Beibehaltungsfaktor)/2, ansonsten beträgt der Standardwert 0,9.

F_D Verringerungsfaktor für einfallendes Tageslicht. F_D stellt das Verhältnis zwischen der gesamten Beleuchtungsleistung und dem verfügbaren Tageslicht im Gebäude dar.
F_D wird beeinflusst von:
- Tageslichtfaktor (Tageslichtmenge). Siehe unter Tageslichtmenge.
- Beleuchtungsstärke.
- Art der Lichtregelung.
- Nutzungszeit (t_D).

F_O Verringerungsfaktor, der sich nach der Anwesenheit richtet. F_O stellt das Verhältnis zwischen der gesamten Beleuchtungsleistung und der Anwesenheitszeit im Gebäude dar.
F_O wird beeinflusst von:
- Anwesenheit/Abwesenheit.
- Art der Lichtregelung.
- Gesamtnutzungszeit (t_O tot) Tag und Nacht F_{OC}.

Der Energieverbrauch wird mit folgender Formel berechnet:

$$W_{light} = [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]]/1000 \text{ (kWh/Jahr)}$$

i Welche Faktoren beeinflussen die Leistungsaufnahme der Beleuchtung im ausgeschalteten Zustand, $W_{parasitic}$?

Notlichtanlage		Steuersystem	
P_{em}	Ladeleistung für die Notbeleuchtung im Gebäude.	$P_{light\text{-}off}$	Parasitische Standby-Leistung für die Steuerausrüstung, wenn die Beleuchtung ausgeschaltet ist.
t_{em}	Ladedauer für die Notbeleuchtung (Standardwert für t_{em} = 8760 h/Jahr).	$t_{light\text{-}off}$	Zeit, in der die Beleuchtung ausgeschaltet ist [$t_Y - (t_D + t_N)$] (Standardwert für t_Y = 8760 h/Jahr).

Die parasitische Energie wird mit folgender Formel berechnet:

$$W_{parasitic} = [\sum P_{pc,\,Light\text{-}off} \times t_{Light\text{-}off} + (P_{em} \times t_{em})] / 1000 \text{ (kWh/Jahr)}$$

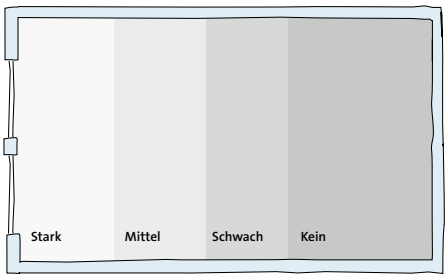
Tageslichtmenge

Um ein korrektes Ergebnis zu erhalten, muss auch die verfügbare Tageslichtmenge berücksichtigt werden. Die Tageslichtmenge unterteilt einen Raum in mehrere Zonen. Diese Zonen beschreiben eine Art Tageslichtintervall. Die Zonen werden mit dem Tageslichtfaktor Stark, Mittel, Schwach oder Kein bezeichnet. Leuchten in Zonen mit stärkerem Tageslichteinfall können die Nutzungszeit verringern, wodurch die gesamte Leistungsaufnahme reduziert wird.

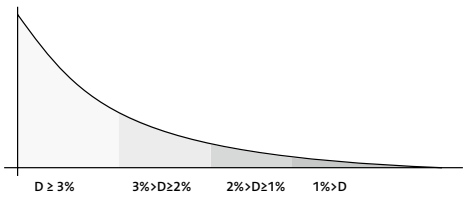
Der Tageslichtfaktor wird durch eine Lichtmessung der Beleuchtungsstärke im Innenbereich ermittelt. Das Messergebnis wird ins Verhältnis zur Beleuchtungsstärke im Außenbereich zum selben Zeitpunkt gesetzt.

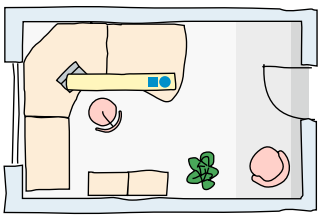
Es gilt folgende Formel:
D(%)=E Innenbereich × 100/E Außenbereich.

Der Tageslichtfaktor ist das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke an einem Punkt auf an einer vorgegebenen Ebene, die durch Licht direkt oder indirekt von einem Himmel mit angenommener oder bekannter Leuchtdichtenverteilung erzeugt wird, und der Beleuchtungsstärke an einer horizontalen Ebene, die durch eine unabgeschirmte Hemisphäre vom selben Himmel verursacht wird. Beiträge von direktem Sonnenlicht zu den beiden Beleuchtungsstärken werden ausgenommen.



Der Raum unterteilt sich in Zonen mit unterschiedlichen Tageslichtintervallen. Die verfügbare Tageslichtmenge richtet sich nach Fläche und Platzierung der Fenster.





Dieser Raum bietet ein Einsparpotenzial von mehr als 60 % bei einer Nutzung von Tageslicht- und Abwesenheitssteuerung.

Begriff	Bezeichnung	Einheit	Formel	Erläuterung
Lichtstärke (für ein Leuchtmittel, in einer vorgegebenen Richtung)	I	Candela (cd)	I=Φ/ω cd = lm × sr⁻¹	Das Verhältnis zwischen Lichtstrom dΦ, der das Leuchtmittel im Raumwinkelelement dΩ unter Einhaltung der vorgegebenen Richtung verlässt, und Raumwinkelelement (Einheit: cd = lm × sr⁻¹). Hinweis: Die Lichtstärke ist die Intensität des Lichts in einer bestimmten Richtung – Lichtstrom pro Raumwinkel (ω).
Beleuchtungsstärke (an einem Punkt auf einer Fläche) (E)	E	lx	E= Φ/A	Das Verhältnis zwischen dem Lichtstrom dΦv, der auf ein Element einer Fläche fällt und diesen Punkt umfasst, und der Fläche dA auf diesem Element (Einheit: lx = lm × m⁻²). Hinweis: Die Beleuchtungsstärke ist das Maß für den auf eine bestimmte Fläche auftreffenden Lichtstrom – Lichtstrom pro Flächeneinheit (m²). Beleuchtungsstärke (an einem Punkt auf einer Fläche) (E).
Zylindrische Beleuchtungsstärke	E_z	lx	$E_z = (1/\pi) L \sin \varepsilon d\omega\Omega$	Der gesamte Lichtstrom, der an einem spezifischen Punkt auf die gekrümmte Oberfläche eines sehr kleinen Zylinders trifft, geteilt durch die Oberfläche des Zylinders (Einheit: lx). Hinweis: zylindrische Beleuchtungsstärke (an einem Punkt, für eine Richtung) (E_z) Größe definiert durch die Formel Ez = (1/π) L sin *εdωΩ* wobei: dΩ dem Raumwinkel für jeden Elementarstrahl entspricht, der den angegebenen Punkt durchläuft L dessen Leuchtdichte an diesem Punkt entspricht *ε* der Winkel zwischen dieser und der vorgegebenen Richtung ist (wird nichts anderes angegeben, ist die Richtung vertikal). Einheit: lx
Modulation	E_z / E_h	-	E_z / E_h	Das Verhältnis zwischen der zylindrischen und der horizontalen Beleuchtung an einem Punkt. Hinweis: Gleichgewicht zwischen diffusem und gerichtetem Licht. Ein Wert zwischen 0,3 und 0,6 ist in der Regel ein Anzeichen für eine gute Modulation.
Leuchtdichte	L	(cd/m²)	L = I/A (L = I/Acosα)	Leuchtdichte in einer bestimmten Richtung, an einem bestimmten Punkt auf einer realen oder imaginären Oberfläche (Einheit: cd × m⁻² = lm × m⁻² × sr⁻¹). Hinweis: Die Leuchtdichte ist die Intensität des Lichtes in einer vorgegebenen Richtung auf eine(n) bestimmte(n) Punkt/Fläche eines Leuchtmittels bzw. einer Leuchte oder einer beleuchteten Fläche.
Lichtstrom	Φ	lumen (lm)	Φ=I/ω	Die gesamte Lichtmenge eines Leuchtmittels. Definiert wird der Lichtstrom als die Lichtmenge, die sich ergibt, wenn der Strahlungslichtstrom des Leuchtmittels ins Verhältnis gesetzt wird zur Empfindlichkeit des Auges beim Sehen bei Tageslicht (V_λ-Kurve gemäß CIE).
Leuchtenwirkungsgrad (Light Output Ratio – LOR)	η_A			Das Verhältnis zwischen dem Gesamtstrom von der Leuchte, gemessen unter spezifizierten praktischen Bedingungen, mit ihren eigenen Leuchtmitteln und Ausrüstung, und der Summe des individuellen Lichtstroms von denselben Leuchtmitteln im Betrieb außerhalb der Leuchte, mit derselben Ausrüstung unter spezifizierten Bedingungen.
Ballast Lumen Faktor (Lichtstromfaktor bei Vorschaltgeräten)	BLF	–	–	Gibt das Verhältnis des Lichtstroms vom selben Leuchtmittel an, gemessen mit einem kommerziellen Vorschaltgerät und einem Referenzvorschaltgerät bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C.
Farbtemperatur	T_c	Kelvin (K)	CIE 17.4	Die Temperatur eines Planckschen Strahlers, dessen Strahlung die gleiche Chromatizität hat wie der vorgegebene Stimulus. (Einheit: K) Hinweis: Die Farbtemperatur beschreibt den Farbeindruck, den ein Leuchtmittel vermittelt und der normalerweise bei K < 4000 als warm und bei K > 4000 als kalt empfunden wird. Die Farbtemperatur wird als absolute Temperatur oder absoluter Nullpunkt angegeben, der mit K = -273,17 °C bzw. 0 °C=+273,17 K definiert wird.
Korrelierte Farbtemperatur	T_{cp}	Kelvin (K)	CIE 17.4	Die Temperatur des Planckschen Strahlers, dessen wahrgenommene Farbe der eines vorgegebenen Stimulus bei gleicher Helligkeit und unter spezifizierten Betrachtungsbedingungen am nächsten kommt. (Einheit: K)
Farbwiedergabeindex	CRI	R_a	CIE 17.4	Allgemeiner Farbwiedergabeindex CIE-1974, Mittelwert für einen festgelegten Satz von 8 Testfarben Hinweis: Die Farbwiedergabe ist das Maß für die Fähigkeit eines Leuchtmittels, Farben verglichen mit einem Referenzleuchtmittel bei einer bestimmten Farbtemperatur wiederzugeben. Für die Einstufung wird ein Ra-Index angewandt, der laut CIE maximal 100 betragen kann und für die Beleuchtung von Arbeitsräumen mindestens 80 betragen sollte.
Lichtausbeute eines Leuchtmittels	η	(lm/W)	η=Φ/P	Das Verhältnis zwischen emittiertem Lichtstrom und der dem Leuchtmittel zugeführten Leistung. (Einheit: lm × W⁻¹) Hinweis: Die Lichtausbeute lässt sich als Maß für den Wirkungsgrad eines Leuchtmittels definieren.
Lichtausbeute – Beleuchtungssysteme (Leuchtmittel + Vorschaltgerät)	η c	(lm/W)	η=Φ/P	Das Verhältnis zwischen dem abgegebenen Lichtstrom eines Leuchtmittels und der von ihm aufgenommenen elektrischen Leistung, einschl. VG-Verlusten.
Lichtausbeute – Leuchte (Leuchtmittel + Vorschaltgerät)	I /LLE	(lm/W)	η=Φ/P	Das Verhältnis zwischen dem von einer Leuchte abgegebenen Lichtstrom und der von ihr mit dem Leuchtmittel aufgenommenen kritischen Leistung, einschl. VG-Verlusten.
Blendung		-	CIE- 31, 112, 117	Das Sehverhältnis, bei dem Unbehagen oder eine herabgesetzte Fähigkeit zum Sehen von Einzelheiten bzw. Gegenständen vorliegt und das durch ungeeignete Leuchtdichtenverteilung bzw. -ebenen oder durch extreme Kontraste bedingt ist. Hinweis: Normalerweise wird bei der Blendung unterschieden zwischen psychologischer Blendung (UGR/NB) mit einer unangenehmen, subjektiven Blendungswahrnehmung und physiologischer Blendung (TI/GR), die messbar das Sehvermögen herabsetzt.

Psychologische Blendung	UGR_L	-	CIE- 117	Psychologische Blendung lässt sich mithilfe einer "psychometrischen Skala" ausdrücken, die aus psychophysischen Experimenten abgeleitet wurde. Bei einer Definition mithilfe des "Unified Glare Rating"-Verfahrens sind die folgenden UGR-Werte zu verwenden (s. CIE 117): 10; 13; 16; 19; 22; 25; 28. Hinweis: Leuchtenhersteller haben für ihre Leuchten verifizierte UGR-Daten bereitzuhalten, die gemäß der Tabellenmethode aus der CIE-Veröffentlichung 117 aufgeführt werden müssen. Hersteller, die UGR-Tabellen verwenden, die mit einem anderen Abstand zum Höhenverhältnis als den Angaben aus CIE-Veröffentlichung 117 berechnet wurden, müssen dieses Verhältnis angeben.
Gleichmäßigkeit **– Beleuchtungsstärke** **– Leuchtdichte**	U_o		E_{min}/E_{mittel} L_{min}/L_{mittel}	Das Verhältnis zwischen niedrigstem Wert und Mittelwert über einer spezifizierten Fläche, sofern nicht anders angegeben.
Tageslichtquotient	D			Das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke an einem Punkt auf an einer vorgegebenen Ebene, die durch Licht direkt oder indirekt von einem Himmel mit angenommener oder bekannter Leuchtdichtenverteilung erzeugt wird, und der Beleuchtungsstärke an einer horizontalen Ebene, die durch eine unabgeschirmte Hemisphäre vom selben Himmel verursacht wird. Beiträge von direktem Sonnenlicht zu den beiden Beleuchtungsstärken werden ausgenommen.
Leuchtdichte von Leuchten	L_{mittel}	cd/m²	L=I/A (L=I/Acosα)	Die mittlere Leuchtdichte von leuchtenden Teile bzw. Raumwinkel einer Leuchte.
Leuchtdichte von Leuchten – Grenzwerte (bei Bildschirmarbeit)	L_{mittel}	cd/m²	L=I/A (L=I/Acosα)	Die mittlere Leuchtdichte der leuchtenden Teile einer Leuchte muss gesättigt sein und/oder auf der C-Ebene in 15°-Intervallen berechnet sein, beginnend bei 0° und mit einer Erhebung an den γ-Winkeln von 65°, 75° und 85°. Hinweis: Eine Berechnung anhand der maximalen Ausbeute (Leuchtmittel/Leuchte) ist in der Regel vom Leuchtenhersteller bereitzuhalten. Die Werte dürfen die festgelegten Grenzwerte aus Tabelle 4 nicht übersteigen (siehe auch EN 13032-1 und -2).
Abschirmungswinkel für das Leuchtmittel der Leuchte		Grad	–	Winkel zwischen der waagerechten Ebene und der ersten Sichtlinie, bei dem Teile der Leuchtmittel in der Leuchte direkt sichtbar sind.
Optischer Abschirmungswinkel; Cut-Off-Winkel für Leuchten		Grad	–	Der vom Fußpunkt aufwärts gemessene Winkel zwischen der senkrechten Achse und der ersten Sehrichtung, bei dem die Leuchtmittel und Flächen mit hoher Leuchtdichte nicht sichtbar sind.
Raumwinkel	ω	Steradiant (sr)	ω=A/r²	Das Verhältnis zwischen der von einem Lichtstrahl abgegrenzten Fläche A auf der Sphäre und dem Quadrat des Sphärenradius.
Mittlere Lebensdauer – für Leuchtmittel	–	Stunden (h)	–	Die mittlere Lebensdauer ist die durchschnittliche Brenndauer eines Leuchtmittels. Sie wird definiert als der Zeitpunkt, nach dem 50 % einer größeren Menge Leuchtmittel ausgebrannt sind (wird in der Regel für Glühlampen, Halogenlampen und Leuchtstofflampen angegeben).
Servicelebensdauer – für Leuchtmittel	–	Stunden (h)	–	Die Servicelebensdauer wird als der Zeitpunkt definiert, nach dem in der Regel noch 80 % der Lichtmenge des Neuzustandes abgegeben werden, unter Einbeziehung der Anzahl ausgebrannter Leuchtmittel und des Lichtstromrückgangs der Leuchtmittel.
Wirtschaftliche Lebensdauer – für Leuchtmittel	–	Stunden (h)	–	Die wirtschaftliche Lebensdauer wird als der Zeitpunkt definiert, nach dem in der Regel noch 70 % der gesamten Lichtmenge einer Anlage erhalten sind – unter Einbeziehung der Anzahl ausgebrannter Leuchtmittel und des Lichtstromrückgangs der Leuchtmittel.
Berechnungspunkte	p		$p = 0{,}2 \times 5^{\log d}$	Ein Raster mit einer definierten Anzahl Berechnungs- und Messpunkte in jeder Richtung der Messebene. Hinweis: Es ist zu beachten, dass Abstand und Platzierung der Berechnungspunkte nicht mit dem Abstand zwischen den Leuchten identisch sein dürfen. Raster, die sich der Form eines Rechtecks oder Quadrats annähern, sind bevorzugt zu verwenden. Das Verhältnis zwischen Abstand in Länge und Breite des Rasters sollte innerhalb der Grenzen von 0,5 und 2 gehalten werden (siehe auch EN 12193). Der Höchstabstand zwischen den Berechnungspunkten im Raster hat folgender Formel zu entsprechen: $p = 0{,}2 \times 5^{\log d}$ (1) wenn: $p \leq 10$ *d* die längere Strecke der Fläche ist *p* der Höchstabstand zwischen den Berechnungspunkten ist (m). Die Anzahl der Punkte für die längere Strecke wird als die nächste ungerade ganze Zahl von *d/p* definiert.
LENI		kWh/m², Jahr		Lighting Energy Numeric Indicator: Numerischer Indikator für den jährlichen Energieverbrauch der Beleuchtung in einem Gebäude oder einer bestimmten Räumlichkeit gemäß EN 15193 (siehe Hinweise separater Abschnitt). Hinweis: Der LENI-Wert lässt sich als Vergleichswert für die Energieeffizienz der Beleuchtung von unterschiedlichen Gebäuden und Räumen mit gleicher Funktion bzw. darin ausgeübter Tätigkeit verwenden.
Arbeitsbereich				Der Bereich, in dem eine Arbeit ausgeführt wird. Hinweis: Bezieht sich auf die Beleuchtungsanforderungen aus EN 12464-1 und EN 12464-2.
Unmittelbarer Umgebungsbereich				Ein den Bereich der Sehaufgabe umschließender Streifen von mindestens 0,5 m Breite. Hinweis: Bezieht sich auf EN 12464-1 und EN 12464-2.
(Äußerer) Umgebungsbereich				Der (äußere) Umgebungsbereich ist der Streifen/Bereich um die unmittelbare Umgebung mit einer Breite von mindestens 3 m. Bei einer Einschränkung des Umgebungsbereichs durch Wände wird der Umgebungsbereich durch eine Zone 0,5 m von den Zimmerwänden begrenzt. Die Beleuchtungsstärke in diesem Umgebungsbereich muss mindestens 1/3 der Beleuchtung der unmittelbaren Umgebung betragen. Hinweis: Bezieht sich auf die folgende Fassung von EN 12464-1.
Wartungsfaktor				Formel: LLMF × LSF × LMF × RSMF. Siehe Tabellen im Abschnitt über Beleuchtungsplanung.

Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor	LLMF			Das Verhältnis zwischen dem Lichtstrom eines Leuchtmittels zu einem festen Zeitpunkt während seiner Lebensdauer und dem Lichtstrom im Neuzustand. Hinweis: Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor.
Lampenlebensdauerfaktor	LSF			Anteil einer Gesamtmenge an Leuchtmitteln, die zu einem bestimmten Zeitpunkt unter definierten Bedingungen und bei einer festgelegten Schaltfrequenz noch immer funktionieren. Hinweis: Lampenlebensdauerfaktor.
Leuchtenwartungsfaktor	LMF			Das Verhältnis zwischen dem Betriebswirkungsgrad einer Leuchte zu einem bestimmten Zeitpunkt und dem Betriebswirkungsgrad im Neuzustand. Hinweis: Leuchtenwartungsfaktor.
Raumwartungsfaktor	RSMF			Das Verhältnis zwischen dem Reflexionsgrad der Raumflächen zu einem bestimmten Zeitpunkt und dem Reflexionsgrad im Neuzustand. Hinweis: Der Raumwartungsfaktor ist vom Verschmutzungsgrad des Raumes abhängig.
Notbeleuchtungs-Lichstromfaktor	EBLF			Das Verhältnis zwischen dem Lichtstrom des Leuchtmittels, der während eines Tests mit Vorschaltgerät, bei kontinuierlichem Notlichtbetrieb zu einem bestimmten Zeitpunkt und mit der niedrigsten Spannung gemessen wurde, die im Notlichtbetrieb nach einem Stromausfall auftreten kann (bei einer für die Anforderungen der Anwendung empfohlenen Anlaufzeit) und dem Lichtstrom desselben Leuchtmittels im Betrieb mit einem Standard-VG bei Nennspannung und -frequenz. $EBLF = BLF \times F_{min}$ wobei: EBLF der Lichtstromfaktor des Notbeleuchtungs-VGs ist; BLF der Lichtstromfaktor des VGs ist; F_{min} /niedrigster Notbeleuchtungsfaktor/ungünstigster Fall für die Reduktionsfaktoren im Notlichtbetrieb. Hinweis: Das Leuchtmittel wird im Notlichtbetrieb anstatt von einem normalen VG von einem Notlichtaggregat betrieben. Der Notlichtbetrieb erfolgt bei reduzierter Leuchtmittelleistung, normalerweise zwischen 5 und 30 % der üblichen Leistung.

Weitere Einzelheiten zu Größen, Einheiten und Begriffe siehe DIN-EN 12 665 – (Grundbegriffe und Kriterien zur Spezifikation von Beleuchtungsanforderungen).

Beleuchtungsplanung für Arbeitsplätze in Innenräumen

Seit Mai 2003 haben die CEN-Länder in Europa eine gemeinsame Norm für die Beleuchtungsplanung für Arbeitsplätze in Innenräumen.

Der Standard EN 12464-1:2002 – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1 wurde vom technischen Komitee CEN/TC 169 "Licht und Beleuchtung" erarbeitet.

EN 12464-1 gilt seit 2007 in folgenden Ländern: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Spanien, Slovakei, Slovenien, Tschechien, Ungarn und Zypern.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Katalogs lag eine überarbeitete Fassung dieser Norm zur Abstimmung vor. Sie wird vermutlich im 3. Quartal 2011 in Kraft treten. Die nachfolgenden Informationen beruhen auf dem vorgeschlagenen Änderungen des Entwurfs. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website.

Beleuchtung für Arbeitsplätze in Innenräumen

Bei dem nachfolgenden Text handelt es sich um eine Auslegung der wichtigsten Punkte der neuen Norm für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen EN 12464-1.

Beleuchtung des Arbeitsplatzes

Die Europanorm EN 12464-1 konzentriert sich auf die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen.

Die in der Norm genannten Anforderungen beziehen sich hauptsächlich auf den eigentlichen Arbeitsbereich. Die Beleuchtung außerhalb des Arbeitsbereichs muss dann an die im Arbeitsbereich geltenden Voraussetzungen angepasst werden. Die angegebenen Werte beziehen sich auf die niedrigste Beleuchtungsstärke im Betrieb auf der Arbeitsfläche oder dem Sehobjekt. Die Beleuchtungsstärken geben die niedrigsten Durchschnittswerte an und gelten für normale Arbeitsbedingungen. Sie können auch, falls die Sehbedingungen von den Normalwerten abweichen, in den nachfolgend aufgeführten Stufen korrigiert werden.

20–30–50–75–150–200–300–500–750–1000–1500–2000–3000–5000 lx

Die Anforderungen an Beleuchtungsstärken sollten unter schwierigen Arbeitsbedingungen, bei Tätigkeiten mit hoher Präzision bzw. einem hohen Produktionstakt, bei Sehobjekten mit kleinen Details oder geringem Kontrast, bei eingeschränktem Sehvermögen oder bei lang andauernder Sehbetätigung erhöht werden.

Die Anforderungen an Beleuchtungsstärken kann bei Sehobjekten mit unnormal großen Abmessungen und starkem Kontrast oder bei ungewöhnlich kurzer Sehbetätigung reduziert werden.

An Arbeitsplätzen, an denen dauernd gearbeitet wird (im Normalfall länger als zwei Stunden), darf die Beleuchtungsstärke bei Leuchtenbetrieb 200 lx nicht unterschreiten.

Die Richtwerte setzen ein normales Sehvermögen bei den Beschäftigten voraus. Wenn mehrere Personen unter einer Art von Sehbeeinträchtigung leiden, ist dies bei der Gestaltung der Beleuchtungsanlage zu berücksichtigen.

Beleuchtung des Sehobjekts

Nach dem Hauptprinzip fällt das Licht so ein, dass der größtmögliche Kontrast auf dem Sehobjekt entsteht, das eine horizontale, vertikale oder geneigte Position haben kann. Es kann zudem verschiedene Oberflächeneigenschaften haben. Normalerweise geht man davon aus, dass Arbeitsobjekte eine matte Struktur haben, doch in Wirklichkeit gibt es natürlich verschiedene Arten von Reflexionseigenschaften an allen möglichen Arbeitsplätzen.

Eine grundsätzliche Voraussetzung für guten Sehkomfort am Arbeitsplatz ist, dass Position und Form des Arbeitsobjekts im Verhältnis zur Lichtrichtung keine Form von unbehaglicher Blendung oder das Sehvermögen reduzierende Blendung durch blendende Leuchten oder störende Reflexe verursachen.

Prinzipien für die Feststellung von Arbeitsbereich und umgebenden Berechnungsflächen

Beleuchtung des Arbeitsbereichs

Definition des Arbeitsbereichs – Laut EN 12464-1 ist der Arbeitsbereich der Teil des Arbeitsplatzes, innerhalb dessen die Arbeitsaufgabe bewältigt wird. Bei Arbeitsplätzen, bei denen Größe und/oder Position des Arbeitsbereichs nicht bekannt sind, wird der Bereich, in dem die Ausführung der Arbeitsaufgabe denkbar ist, als Arbeitsbereich betrachtet.

Der Arbeitsbereich ist in der Regel ein Teil des ganzen Arbeitsplatzes/Arbeitstisches. So ist der Arbeitsbereich eines Arbeitsplatzes in einem Büro normalerweise eine kleinere Fläche, auf der z. B. Schreib- und Lesearbeiten ausgeführt werden. Für Arbeiten mit Bildschirm und Tastatur ist normalerweise eine niedrigere Beleuchtungsstärke als bei anderen Lese- und Schreibaufgaben erforderlich. Die Beleuchtungsstärke bei Bildschirmarbeiten sollte an das Umgebungslicht anpassbar sein.

In einem Büro, in dem Zeichenarbeiten vorgenommen werden, kann der ganze Arbeitstisch die Arbeitsfläche ausmachen. In der Industrie kann die Größe eines Arbeitsbereichs noch stärker variieren – von Arbeitsplätzen mit Mikroelektronik-Aufgaben bis hin zu Produktionslinien für die Fahrzeugmontage.

Wenn die genaue Größe des Arbeitsbereichs unbekannt ist, kann man davon ausgehen, dass er bei einem Büroarbeitsplatz ca. 0,6 m × 0,6 m ausmacht. Dabei befindet sich der Arbeitsbereich direkt vor der normalen Position der Person und an der Vorderkante des Arbeitstischs. Schwankungen bei der Beleuchtungsstärke, d. h. der Quotient aus niedrigster Beleuchtungsstärke und durchschnittlicher Beleuchtungsstärke innerhalb des Arbeitsbereichs, sollten möglichst gering sein und nicht unter 0,6 liegen.

In den Tabellen der kommenden überarbeiteten Fassung von EN 12464-1 werden die Anforderungen an die Gleichmäßigkeit für jede Art der Arbeit bzw. Aktivität einzeln aufgeschlüsselt.

Beleuchtung der unmittelbaren Umgebung

Die Beleuchtung der unmittelbaren Umgebung muss in einem bestimmten Verhältnis zum Beleuchtungsniveau im Arbeitsbereich stehen und darüber hinaus die Voraussetzungen für eine ausgewogene Leuchtdichtenverteilung im normalen Sehfeld schaffen. Zu große Veränderungen des Beleuchtungsniveaus um den Arbeitsbereich herum können zu visuellem Stress und Unbehagen führen.

Unter unmittelbarer Umgebung wird ein Streifen von mindestens 0,5 m Breite um den Arbeitsbereich herum verstanden. Die Größe der unmittelbaren Umgebung wird vom Planer festgelegt und muss bei bestimmten Arbeitsplätzen breiter als 0,5 m ausgeführt werden.

Die unmittelbare Umgebung kann größer ausgeführt werden:
- wenn der Arbeitsbereich klein ist.
- wenn im Arbeitsbereich eine hohe Beleuchtungsstärke herrscht.
- wenn die Arbeit mit Bewegungen einhergeht.

Die Beleuchtungsstärke in der unmittelbaren Umgebung kann niedriger als die innerhalb des Arbeitsbereichs sein, sollte aber im Mittel die in nachfolgender Tabelle angegebenen Werte nicht unterschreiten.

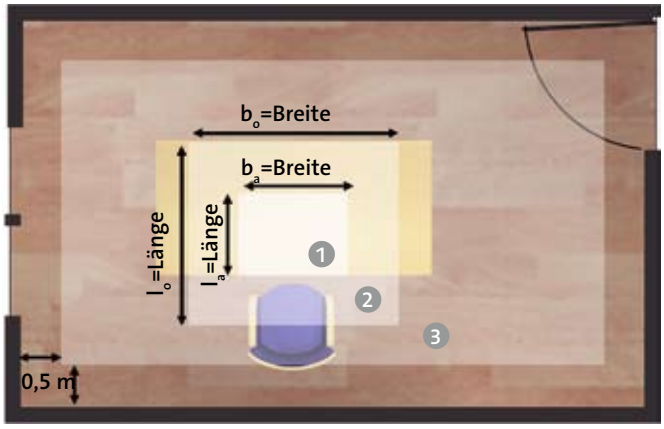
Schwankungen bei der Beleuchtungsstärke, d. h. der Quotient aus niedrigster Beleuchtungsstärke und durchschnittlicher Beleuchtungsstärke innerhalb der unmittelbaren Umgebung, sollten möglichst gering sein und nicht unter 0,4 m liegen.

Beleuchtung der äußeren Umgebung

Die EN 12464-1 enthält keine ausdrücklichen Vorgaben für die Beleuchtungsstärke der äußeren Umgebung, also in dem Bereich außerhalb der unmittelbaren Umgebung. Dieser Bereich wird begrenzt von der unmittelbaren Umgebung einerseits und einer 0,5 m von den Raumwänden entfernten Zone andererseits oder einem Streifen um die unmittelbare Umgebung mit einer Breite von mindestens 3 m. Die Beleuchtungsstärke in diesem Umgebungsbereich muss mindestens ein Drittel der Beleuchtungsstärke innerhalb der unmittelbaren Umgebung betragen.

Abweichungen in der Beleuchtungsstärke, d. h. Unterschiede zwischen der niedrigsten Beleuchtungsstärke und der durchschnittliche Beleuchtungsstärke innerhalb der äußeren Umgebung, sollten möglichst gering sein. Die Gleichmäßigkeit, also das Verhältnis E_{min}/E_{mittel} darf 0,1 nicht unterschreiten.

Beispiel von der Fläche eines Arbeitsbereichs.



1. Arbeitsbereich ($l_a \times b_a$)
– Größe und Position werden vom Beleuchtungsplaner festgelegt.

2. Unmittelbare Umgebung ($l_o \times b_o$)
– Die Größe wird vom Beleuchtungsplaner festgelegt (l_a+≥2×0,5 m) x (b_a+2x≥2×0,5 m).

3. Äußere Umgebung
– Abstand 0,5 m von Raumwänden oder ein Streifen von mindestens 3 m Breite um die unmittelbare Umgebung herum.

Wenn z. B. die Vorgaben für die Beleuchtungsstärke innerhalb des Arbeitsbereichs eines Arbeitsraums 500 lx betragen und 300 lx für die unmittelbare Umgebung betragen, darf die niedrigste Beleuchtungsstärke in der äußeren Umgebung also nicht unter 100 lx liegen. Die niedrigste Beleuchtungsstärke ist in einer Zone außerhalb der unmittelbaren Umgebung bis 0,5 m von den Raumwänden entfernt bzw. bis zu einem Streifen um die unmittelbare Umgebung mit einer Breite von mindestens 3 m zu ermitteln.

Die Beleuchtung um den Arbeitsbereich herum muss zu einer guten Adaptationsleuchtdichte gemäß den Angaben unter Punkt Leuchtdichteverteilung und -begrenzung beitragen.

In einem Arbeitsraum mit hellen Wänden sollte daher unter normalen Umständen das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich und der mittleren Beleuchtungsstärke an den Raumwänden in den normalen Sehrichtungen 3:1 nicht überschreiten.

Verhältnisse zwischen verschiedenen Beleuchtungsstärken und Vorgaben für die Gleichmäßigkeit

Beleuchtungsstärke innerhalb des Arbeitsbereiches	Beleuchtungsstärke innerhalb der unmittelbaren Umgebung	Beleuchtungsstärke innerhalb des Umgebungsbereichs im Verhältnis zur unmittelbaren Umgebung
≥ 750	500	1/3
500	300	1/3
300	200	1/3
200	$E_{Arbeitsbereich}$	1/3
150	$E_{Arbeitsbereich}$	1/3
100	$E_{Arbeitsbereich}$	1/3
≤ 50	$E_{Arbeitsbereich}$	1/3

Gleichmäßigkeit im Arbeitsbereich je nach Sehaufgabe und Aktivität. Gleichmäßigkeit in der unmittelbaren Umgebung (Mindest-/Mittelwert) mindestens 0,4. Gleichmäßigkeit in der äußeren Umgebung (Mindest-/Mittelwert) mindestens 0,1.

Blendung

Zu Blendung kommt es, wenn ein Teil eines Innenraums deutlich heller als die Helligkeit des Raums im Allgemeinen ist. Die Augen werden dann einem stärkeren Licht ausgesetzt, als sie normalerweise vertragen können. Die häufigsten Ursachen für Blendung sind Leuchten und Fenster, die man direkt oder durch Spiegelungen innerhalb des normalen Sehfelds erlebt.

Ältere Menschen werden normalerweise stärker von Blendungen gestört als junge. Das liegt in erster Linie an der altersbedingten Linsentrübung, aber auch an der reduzierten Adaptationsfähigkeit.

Man unterscheidet zwischen zwei Arten von Blendung: sehfähigkeitsbeeinträchtigende (physiologische) Blendung und unbehagliche (psychologische) Blendung.

Sehfähigkeitsbeeinträchtigende Blendung und unbehagliche Blendung können zusammen oder separat auftreten.

Sehfähigkeitsbeeinträchtigende (physiologische) Blendung

Sehfähigkeitsbeeinträchtigende Blendung entsteht normalerweise, wenn ein Objekt in der Nähe der normalen Sehrichtung eine wesentlich höhere Helligkeit oder Leuchtdichte hat, als diese in der Regel im Sehfeld vorkommt. Wenn das Auge störend starkem Licht ausgesetzt wird, kann seine Adaptationsfähigkeit beeinträchtigt werden und eine Verschlechterung der Sehbarkeit, also eine Kontrastreduzierung, verursachen.

Diese Kontrastverschlechterung kann ausreichen, um wichtige Einzelheiten unsichtbar zu machen und infolgedessen das Leistungsvermögen zur Bewältigung der Sehaufgabe zu senken. Und wenn sich das blendende Leuchtmittel direkt in der Sichtlinie befindet, können deutliche Nachbilder entstehen. Die häufigste Quelle für sehfähigkeitsbeeinträchtigende Blendung in Innenräumen sind, von einem Fenster gesehen, Sonne und Himmel, oder direkt bzw. über Reflexion gesehene schlecht abgeschirmte Leuchtmittel.

Sehfähigkeitsbeeinträchtigender Blendung muss daher mit für das jeweilige Leuchtmittel gut abgeschirmten Leuchten vorgebeugt werden (siehe Tabelle).

Zugehörige Mindestabschirmwinkel bei festgelgten Lampen – Leuchtdichten

Leuchtdichte des Leuchtmittels [kcd/m²]	Kleinster Abschirmungswinkel
20 zu < 50	15°
50 zu < 500	20°
≥ 500	30°

Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten nicht für Leuchten mit ausschließlichem Indirektlicht oder Leuchten, die unter Augenhöhe angebracht sind.

Berechnung des Blendungswerts

Der Grad der psychologischen Blendung kann bei Innenraumanlagen durch die Berechnung des Blendungswertes nach dem UGR-Verfahren ermittelt werden. Durch die Einführung der neuen Norm EN 12464-1 ersetzt dieses Verfahren künftig das bisherige Berechnungsverfahren (nach Söllner) zur Berechnung des Blendungswerts. Die Blendungswertvorgaben der EN 12464-1 stellen den höchsten Durchschnittswert für die Beleuchtung dar. Das UGR-Verfahren (UGR = engl. Unified Glare Rating) ist in der CIE-Veröffentlichung Nr. 117-1995 beschrieben.

Die UGR-Werte für psychologische Blendung werden in einer Skala angegeben, die sich in der Praxis von 13 bis 28 erstreckt, wobei die größte Blendungszahl die stärkste Blendung bedeutet. Die geringste Differenz zwischen den Blendungswerten, die einen spürbaren Unterschied angibt, ist 3.

Zur Feststellung, ob der durchschnittliche Blendungswert in den Tabellen der Norm in einer spezifischen Beleuchtungsanlage erreicht ist, muss der Blendungswert nach dem so genannten Tabellenverfahren berechnet werden (die Methode ist in der CIE-Veröffentlichung Nr. 117-1995 beschrieben). Dieses Verfahren setzt allerdings voraus, dass die Leuchten im Raum symmetrisch angeordnet sind und eine symmetrische Lichtverteilung quer und längs zur Leuchte haben.

Die Leuchtenhersteller müssen Unterlagen/tabellarische Daten als Teil der fotometrischen Daten der Leuchte zur Verfügung stellen, anhand derer sich die Blendungswerte der Beleuchtungsanlage in einfacher Form überprüfen lassen.

Psychologische Blendung durch elektrisches Licht

Psychologische Blendung entsteht durch Leuchtmittel bzw. Leuchten, die eine für die Adaptationsfähigkeit des Auges zu hohe Leuchtdichte haben, und kann sofort entstehen, sich aber auch erst nach längerer Zeit manifestieren.

Der Grad der psychologischen Blendung hängt von Leuchtdichte und Größe der Blendungsquelle ab, außerdem von der Leuchtdichte des Hintergrunds, vor dem die Blendungsquelle betrachtet wird, sowie von der Position der Blendungsquelle im Verhältnis zur Sehrichtung. Die Leuchtdichte der Leuchte, ihre Flächengröße und niedrige Hintergrundleuchtdichte sowie die Nähe zur Sehrichtung – all das sind Faktoren, die das Ausmaß der psychologischen Blendung erhöhen.

Bei der Beleuchtungsplanung muss daher die Leuchtdichte der Leuchte stets in Beziehung zur Hintergrundleuchtdichte gesetzt werden. Je näher am Auge sich die leuchtende Fläche in Blickrichtung befindet, desto größer ist die Gefahr einer störenden Blendung. Bei offenen Leuchten, besonders bei Modellen für Kompakt- und Intensivleuchtmittel mit großem Lichtstrom, ist es in der Regel das Leuchtmittel selbst oder sein Spiegelbild in glänzenden Reflektoren/Werkstoffen, das Blendeffekte auslöst. Eine Möglichkeit zur Reduzierung der psychologischen Blendung ist die Verwendung matter Reflektoren und großflächiger Leuchten.

Die psychologische Blendung kann auch durch eine stärkere Helligkeit an den Raumwänden und -decken gemindert werden. Hierzu bestehen folgende Möglichkeiten:

- Die Leuchten können mit einem indirektem Lichtanteil versehen werden.
- Die Leuchten können näher an den Raumwänden montiert werden.
- Eine Wand kann separat beleuchtet oder mit mehr Helligkeit durch die Wahl höherer Reflexionsfaktoren für die Wandflächen versehen werden.

Allzu helle Wände im Verhältnis zum Sehobjekt können zu Adaptationsschwierigkeiten führen. Die Helligkeit der Raumflächen muss daher an die Sehbedingungen angepasst und gemäß den Anweisungen unter “Leuchtdichteverteilung und -begrenzungen“ begrenzt werden.

Psychologische Blendung vom Fenster

Von einer starken psychologischen Blendung spricht man, wenn eine Person durch ein Fenster in Richtung Sonne sieht oder wenn direktes Sonnenlicht auf helle Flächen im normalen Sehfeld fällt. In derartigen Situationen kann es auch zu Unbehagen in Form von erhöhter Wärmestrahlung kommen. Daher ist an den meisten Gebäuden eine Sonnenabschirmung erforderlich.

Die Abschirmung erfolgt normalerweise durch die Architektur des Gebäudes oder durch äußere Sonnenabschirmung, gering lichtdurchlässiges Fensterglas (sog. Sonnenschutzfenster), durch Innenjalousien oder Gardinen. Geblendet werden kann man auch von einem diffusen Himmel, den man durch ein Fenster sieht. Diese Art von Blendung lässt sich normalerweise durch helle Fensterwände oder durch die Verstärkung der Helligkeit der Fensterwand durch separate Beleuchtung reduzieren..

Beispiele für die psychologische Blendung durch Fenster:

- Reflexblendung.
- Reflexionen im Sehobjekt oder dessen Umgebung schalten das Sehvermögen oft völlig aus.

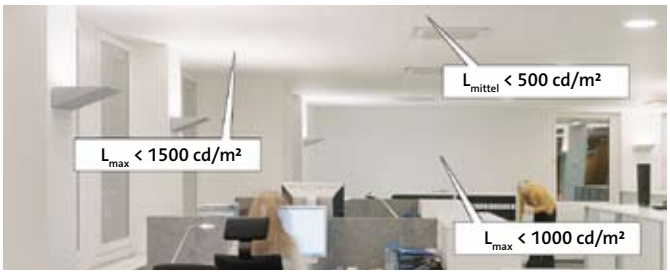
Selbst wenn keine Blendung durch irgendwelche Leuchten oder leuchtende Flächen erfolgt, kann es zur Blendung durch Spiegelung kommen. Glänzende und spiegelnde Materialien sollten daher in Situationen, in denen mit Blendung zu rechnen ist, vermieden werden – besonders in Arbeitsräumen. Wenn glänzende Flächen dennoch sein müssen, dann sollten helle Flächen den dunklen vorgezogen werden. Ein Beispiel sind Bildschirmoberflächen, bei denen Reflexionen meist störender auf negativen Bildschirmen (heller Text auf dunklem Grund) als auf positiven Bildschirmen (dunkler Text auf hellem Grund) empfunden werden.

Reflexionen in spiegelndem Material oder Reflexblendung kann meist wie folgt vorgebeugt werden:

- Geeignete Leuchtenplatzierung.
- Wahl von Leuchten mit niedriger Leuchtdichte und effizienter Abschirmung.
- Wahl matter Oberflächenbeschichtungen.
- Wahl großflächiger Leuchten.
- Wahl heller Decken und Wände.

Angemessene Leuchtdichteverhältnisse zwischen Arbeitsbereich, Raumflächen und Umgebungsbereichen

Das Leuchtdichteverhältnis zwischen Arbeitsbereich und Wänden sollte nicht größer als 5:1 sein.



Bei indirekter Beleuchtung sollte die mittlere Leuchtdichte an der Decke 500 cd/m² nicht überschreiten.

Die Beleuchtungsstärken für bestimmte Umgebungsbereiche müssen im richtigen Verhältnis zur Beleuchtungsstärke der Arbeitsebene stehen, um die normenseitigen Anforderungen an die Leuchtdichteverhältnisse zu erfüllen. So besteht z. B. beim Einsatz von Leuchten und Downlights mit niedriger Leuchtdichte die Gefahr, dass die oberen Bereiche der Wände und die Decke zu dunkel ausfallen.

Die Unterschiede bei der Leuchtdichte lassen sich als Verhältnis zwischen verschiedenen Leuchtdichten berechnen oder messen. Für einen Arbeitsplatz können in der Regel folgende Leuchtdichteverhältnisse empfohlen werden:

- Arbeitsbereich (inneres Sichtfeld) – unmittelbare Umgebung (Nahsichtfeld) 3:1.
- Arbeitsbereich (inneres Sichtfeld) – Umgebung (im Nahbereich liegende Wände im Sichtfeld) 5:1.
- Arbeitsbereich (inneres Sichtfeld) – periphere Raumflächen (Hintergrund) 10:1.

Neuere Studien zeigen jedoch, dass die Leuchtdichteverhältnisse zwischen Arbeitsbereich und dem normalen Sichtfeld (Umfeld = Wand/Deckenfläche) 2:1 bei einer Beleuchtungsstärke des Arbeitsbereichs von 500 lx betragen sollten. In diesem Fall werden visuelle, emotionale und biologische Effekte berücksichtigt. In der Praxis bedeutet dies, dass die vertikale Beleuchtungsstärke in Arbeitsräumen 250 lx übersteigen sollte.

Der Überarbeitungsentwurf für EN 12464-1 enthält zum ersten Mal Anforderungen an vertikale Beleuchtungsstärken und Beleuchtungsstärken an Decken. Daneben werden Anforderungen an zylindrische Beleuchtungsstärken gestellt. In der Norm wird eine mittlere Beleuchtungsstärke an Wänden von mindestens 50 lx mit einer Gleichmäßigkeit (Mindest-/Mittelwert) von ≥ 0,1 gefordert. Bei Decken liegen die Mindestwerte bei 30 lx und die Werte für Gleichmäßigkeit (Mindest-/Mittelwert) bei ≥ 0,1.

In Räumen wie Büros, Schulungsräumen, Krankenzimmern und Kommunikationsflächen wie Eingangshallen, Korridore und Treppenhäuser benötigen Wände und Decken eine größere Helligkeit. Für diese Räumlichkeiten wird eine höhere unveränderte Beleuchtungsstärke empfohlen, und die Hauptflächen müssen folgenden Werten entsprechen:
Wände – mittlere Beleuchtungsstärke mindestens 75 lx bei einer Gleichmäßigkeit von ≥ 0,1.
Decken – mittlere Beleuchtungsstärke mindestens 50 lx bei einer Gleichmäßigkeit von ≥ 0,1.

Zur Erzielung eines guten visuellen Komforts in einem Arbeitsraum sollte die mittlere Leuchtdichte auf den Raumbegrenzungsflächen nicht unter 30 cd/m² liegen. Im Allgemeinen wird das Leuchtdichteverhältnis als relative Beleuchtungsstärke interpretiert, weil Beleuchtungsstärken normalerweise als Richtwerte bei der Beleuchtungsplanung gelten. In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die modernen computergestützten Berechnungsprogramme die Möglichkeit bieten, die Leuchtdichten verschiedener Raumflächen zu berechnen und nachzuweisen. Die Tabelle rechts enthält empfohlene Reflexionsgrade für einen Arbeitsraum mit Bildschirmarbeitsplätzen.

Leuchtdichteverhältnis an der Decke bei indirekter Beleuchtung

Bei indirekter Beleuchtung sollte die mittlere Leuchtdichte an der Decke 500 cd/m² nicht überschreiten. In bestimmten abgegrenzten Bereichen der Decke ist eine Höchstleuchtdichte von bis zu 1500 cd/m² aber akzeptabel. Damit die Deckenbeleuchtung nicht als störend und ungleichmäßig empfunden wird, darf der Gradient bzw. Leuchtdichteübergang nicht scharf sein. Die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte (L_{min}/L_{mittel}) sollte nicht unter 1:10 liegen.

Bei Hintergrundbeleuchtung an Wänden ist die Höchstleuchtdichte auf 1000 cd/m² zu beschränken.

Allerdings zeigen Studien, dass bei einer horizontalen Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von 500 lx eine Beleuchtungsstärke an der Decke zwischen 250 und 500 lx als angenehm empfunden wird. Somit sollte das Verhältnis zwischen Decke und Arbeitsbereich bei 1:1 oder 1:2 liegen. Gleichzeitig weisen Studien darauf hin, dass oftmals eine 50-50-Lichtverteilung von der Leuchte bevorzugt wird. Dies bedeutet: eine Leuchte mit 50 % direktem und 50 % indirektem Licht.

Leuchtdichtegrenzen für Leuchten, die sich im Monitor spiegeln könnten – nach EN-12464-1

Bildschirme mit hoher Leuchtdichte	Bildschirme mit mittlerer Leuchtdichte L>200 cd/m²	Bildschirme mit mittlerer Leuchtdichte L<200 cd/m²
Type A (positive Polarität und normale Anforderungen in Bezug auf Farbdetaileigenschaften bei angezeigten Informationen wie z. B. bei Büroschulungen usw.)	≤ 3000 cd/m²	≤ 1500 cd/m²
Type B (negative Polarität und/oder höhere Anforderungen in Bezug auf Farbdetaileigenschaften bei angezeigten Informationen wie z. B. bei CAD-Arbeit, Farbinspektion usw.)	≤ 1500 cd/m²	≤ 1000 cd/m²

Hinweis: Bildschirme mit hoher Leuchtdichte (Screen high state luminance – siehe auch ISO 9241-302) – beschreibt die maximale Leuchtdichte der weißen Fläche auf dem Bildschirm, die normalerweise vom Bildschirmhersteller bezogen werden kann.

Erläuterung: Im Entwurf für die neue Norm werden gemäß obiger Tabelle für Leuchten mit Bildschirmen mit hoher Leuchtdichte höhere Leuchtdichtwerte akzeptiert (lichtintensive Bildschirme mit einer Hintergrundleuchtdichte über 200 cd/m²). Um die Leuchtdichte eines Bildschirms im weißen Teil herauszufinden, muss man von den vorgegebenen Werten des Lieferanten ausgehen.

Raumfläche	Empfohlene Reflexionsgrad	Relative Beleuchtungsstärke (E)
Decke	0,7–0,9	0,2–0,9
Wände	0,5–0,8	0,2–0,6
Fensterwand	> 0,6	0,3–0,6[1)]
Arbeitsflächen	0,2–0,7	1,0–
Boden	0,2–0,4	

[1)] Die Werte gelten bei Tageslicht – ohne Tageslicht sollte die relative Beleuchtungsstärke 0,2 nicht überschreiten, sofern die Fensterflächen nicht mit hellen Gardinen versehen sind.

Anforderungen an die zylindrische Beleuchtungsstärke

Für eine gute visuelle Kommunikation und ein Wiedererkennen von Personen ist eine ausreichende Helligkeit am Objekt und vor allem auf den Gesichtern erforderlich. Daher müssen die Fläche und der Raum, in dem sich Personen bewegen bzw. betätigen, ausreichend beleuchtet sein.

Diese Anforderung lässt sich durch Erzielen ausreichender Werte für die mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke erfüllen.
Für Tätigkeitsbereiche in Gebäuden muss die zylindrische mittlere Beleuchtungsstärke mindestens 50 lx und die Gleichmäßigkeit (Mindest-/Mittelwert) 1,2 m über dem Boden ≥ 0,1 betragen.

Für Bereiche, in denen die Ansprüche an visuelle Kommunikation besonders hoch sind, zum Beispiel in Büros und Unterrichtsräumen, sollte die unveränderte mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke nicht weniger als 150 lx betragen, bei einer Gleichmäßigkeit (Mindest-/Mittelwert) von ≥ 0,1.

Modulation

Modulation ist das Schaffen eines Gleichgewichts zwischen diffusem und gerichtetem Licht. Sie ist die Eigenschaft des Lichtes, ein beleuchtetes Objekt natürlich aussehen zu lassen – ohne zu schemenhafte, zu scharfe oder zu harte Beleuchtung. Das allgemeine Erscheinungsbild des Interieurs wird dadurch hervorgehoben, dass seine strukturellen Züge sowie Personen und Gegenstände im Raum so beleuchtet werden, dass die Form und Textur einen klaren und angenehmen Eindruck machen.

Dies ist der Fall, wenn das Licht hauptsächlich aus einer Richtung scheint und die Schatten, die für eine gute Modulation erforderlich sind, ohne Desorientierung gebildet werden.

Die Beleuchtung sollte im Normalfall nicht zu stark ausgerichtet sein, da es hierdurch zu einer zu harten und zu starken Schattenbildung kommen kann. Sie sollte andererseits auch nicht zu diffus sein, da die Objekte und der Raum sonst zu trist und konturlos erscheinen. Außerdem sind Raumdetails dann schwer auszumachen.

Zur Erzielung eines guten Modulationsergebnisses sollte das Verhältnis zwischen zylindrischer und horizontaler Beleuchtungsstärke auf einer Bezugsebene überprüft werden. Ein Wert zwischen 0,3 und 0,6 ist in der Regel ein Hinweis für eine gute Modulation.

Die Werte für die zylindrische und die horizontale Beleuchtungsstärke ist an denselben Messpunkten zu berechnen und zu überprüfen.

Anforderungen an eine gute Farbwiedergabe

Für das visuelle Erlebnis, zur Durchführung einer Sehaufgabe und zur Beurteilung von Farben auf die bestmögliche Weise ist es von großer Wichtigkeit, dass die Farben in der Umgebung von Flächen, Gegenständen und der menschlichen Haut natürlich und korrekt wiedergegeben werden. Dies wirkt sich auch auf unser Sicherheitsgefühl und Wohlbefinden aus. Anforderungen an die Werte für Farbwiedergabe, der sog. Ra-Index, wird gemäß EN 12464-1 für jede einzelne Art der Tätigkeit in der Tabelle für Beleuchtungsanforderungen angeführt.

Veränderung von Lichtintensität und Farbtemperatur im Tagesverlauf

Dank der Forschung wissen wir, dass Licht uns nicht nur visuell, sondern auch biologisch und emotional beeinflusst. Licht ist wichtig für Gesundheit sowie Wohlbefinden und wirkt sich zudem auf unser Gefühl der Wachheit aus. Licht kann auch unsere innere Uhr und unsere psychische Verfassung verändern bzw. stimulieren.

Eine Veränderung von Intensität, Beleuchtungsstärke, Verteilung, Umgebung und Farbtemperatur von Licht kann sich positiv auf den Aktivitätsgrad und das Wohlbefinden von Menschen auswirken.

Empfehlungswerte für diese Veränderungen werden derzeit noch ermittelt.

Anzahl Berechnungspunkte

Zur Berechnung und möglichen Überprüfung von mittlerer Beleuchtungsstärke sowie Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke innerhalb des Arbeitsbereichs, der unmittelbaren Umgebung und des äußeren Umgebungsbereichs ist ein Raster mit Berechnungspunkten zu erstellen. Die Mindestanzahl der zu verwendenden Berechnungspunkten ist gemäß der folgenden Formel zu berechnen.

Dabei ist darauf zu achten, dass Abstand und Platzierung der Berechnungspunkte nicht mit dem Abstand zwischen den Leuchten im Raum identisch sein dürfen. Raster, die sich der Form eines Rechtecks oder Quadrats annähern, sind bevorzugt zu verwenden. Das Verhältnis zwischen Abstand in Länge und Breite des Rasters sollte innerhalb der Grenzen von 0,5 und 2 gehalten werden.

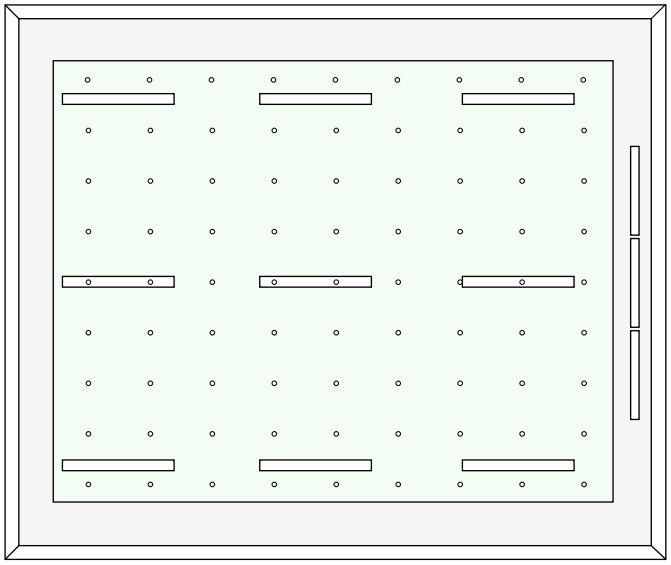
Dies ist die Formel zur Berechnung der maximalen Entfernung zwischen Berechnungspunkten im Raster:
$P = 0{,}2 \times 5 \log d$
Wobei $p < 10$,
d die längste Strecke der Fläche und
p der Höchstabstand zwischen den Berechnungspunkten ist.

Ein Streifen von 0,5 m Breite von der jeweiligen Außenwand kann von der Berechnung ausgenommen werden, es sei denn, dass in dieser Zone Arbeiten verrichtet werden sollen. Auf eine ähnliche Art wird auch die Größe des Rasters für Wände und Decken berechnet. Auch hier kann ein Streifen von 0,5 m Breite von der jeweiligen Außenkante ausgenommen werden.

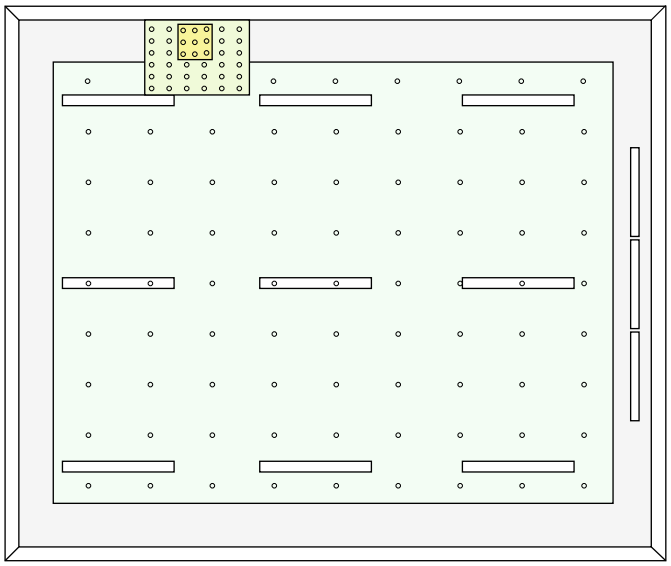
Im Weiteren folgt eine Liste mit Beispielen zu Höchstabständen zwischen Berechnungspunkten gemäß der obigen Formel. Grundlage sind die Größe und Länge des Arbeitsbereiches.

Flächenlänge	Maximaler Abstand zwischen Berechnungspunkten
0,40 m	0,15 m oder mind. 3 Punkte
0,60 m	0,20 m oder mind. 3 Punkte
1,00 m	0,20 m oder mind. 5 Punkte
2,00 m	0,30 m oder mind. 6 Punkte
5,00 m	0,60 m oder mind. 8 Punkte
10,00 m	1,00 m oder mind. 10 Punkte
25,00 m	2,00 m oder mind. 12 Punkte
50,00 m	3,00 m oder mind. 17 Punkte
100,00 m	5,00 m oder mind. 20 Punkte

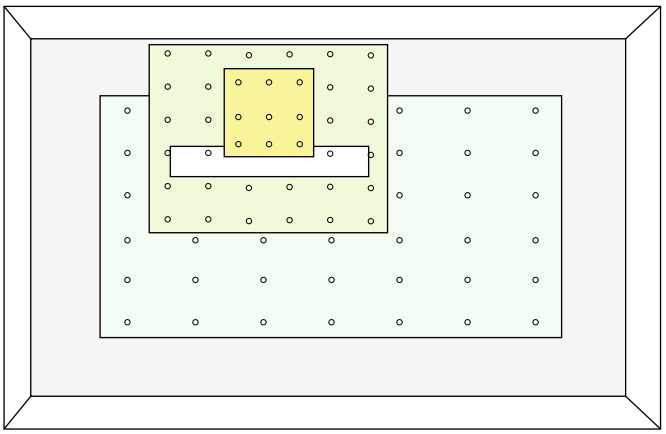
Beispiele für die Anzahl der Berechnungspunkte zur Kontrolle der Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit von Licht in Klassenzimmern sowie an Büroarbeitsplätzen



Arbeitsbereich in einem Standardklassenzimmer ohne Arbeitsplätze an den Wänden.



Einschub mit separatem Arbeitsbereich innerhalb der Wandzone. Arbeitsbereich und unmittelbare Umgebung werden gesteuert.



Definierter Arbeitsbereich von 0,6 m in einem Zellenbüro mit unmittelbarer Umgebung in Form eines Streifens um den Arbeitsbereich mit einer Breite von mindestens 0,5 m. Sowie ein äußerer Umgebungsbereich in Form eines Streifens um die unmittelbare Umgebung von mindestens 3 m Breite. Wo jedoch der äußere Umgebungsbereich Wände berührt, wird der Bereich der äußeren Umgebung durch eine Zone von 0,5 m von den Zimmerwänden begrenzt.

Flussdiagramm für die Beleuchtungsplanung

1. Analyse der Planungsziele

- Beschreibung der Tätigkeit und der unterschiedlichen Sehaufgaben, die in den Räumlichkeiten zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten vorkommen können.
- Beschreibung der Beleuchtungsanforderungen hinsichtlich Sicherheit, Sichtbedarf und visuellem Erlebnis.
- Untersuchung des Bedarfs einer Notlichtanlage. Beschreibung der Ziele für Energieverbrauch, Umweltschutz und Wartung der Beleuchtungsanlage.

2. Analyse der Planungsvoraussetzungen

- Beschreibung der gültigen Vorschriften, Normen, Empfehlungen sowie besonderen Anforderungen seitens des Auftraggebers und Benutzers.
- Beschreibung der Voraussetzungen für die Beleuchtung des Raums, der Art des Arbeitsplatzes und dessen Arbeitsbereiche usw.
- Untersuchung der Bedingungen für die Gestaltung der Räumlichkeit, die Einrichtung, die Art der Bildschirme, Flexibilität, Tageslicht sowie für die Eigenschaften der Räumlichkeit.
- Feststellung der wirtschaftlichen Voraussetzungen, Installation und Bedingungen für die Wartung der Beleuchtungsanlage.

3. Übergreifende Planung

- Untersuchung der Voraussetzungen für das Zusammenspiel von Kunstlicht und Tageslicht. Überprüfung der Möglichkeiten zur Abschirmung von Tageslicht.
- Untersuchung der Frage, welche Leuchtmittel, Leuchten und Beleuchtungssysteme die vorgegebenen Ziele und Voraussetzungen am besten erfüllen.
- Untersuchung der Steuer- und Regelmöglichkeiten der Beleuchtung im Hinblick auf erhöhten Komfort und bessere Energienutzung.
- Übergreifende Koordination hinsichtlich sonstiger Installationen, Farbgebung und Einrichtung.

4. Detailplanung

- Auswertung verschiedener Beleuchtungssysteme aus lichttechnischer, visueller und wirtschaftlicher Sicht.
- Feststellung der optimalen Wartungsfaktoren der Beleuchtungssysteme unter Berücksichtigung der Wartungsvorgaben.
- Ökonomische Auswertung durch Berechnung der Nutzlebensdauerkosten einschl. Investition, Betrieb und Wartung.
- Beurteilung des gewählten Beleuchtungssystems im Hinblick auf die anderen Installationen, Farbgebung, Einrichtung und gewählte Ausstattung.

5. Dokumentation

- Sie sollte gemäß nachfolgenden Angaben erfolgen und die vom Auftraggeber gewünschten Ergänzungen enthalten.
- Montagezeichnungen einschl. steuer- und regeltechnischer Vorschriften sowie den dazugehörenden Verzeichnissen über Leuchtmittel und Leuchten.
- Lichtberechnungen und ggf. Visualisierungen, aus denen hervorgeht, unter welchen Voraussetzungen die Anlage die gestellten Anforderungen erfüllt.
- Nachweis der Berechnungsvorgaben und des Wartungsplans der Beleuchtungsanlage.

Interpretation des Berechnungsergebnisses

1. Kritische Beurteilung

- Zur Vorbeugung von Blendung – Leuchtdichteverhältnisse im Raum prüfen.

2. Wartungsfaktor

- Wurde der Wartungsfaktor an einen Wartungsplan für die Beleuchtungsanlage angepasst?

ACHTUNG – Der Wartungsfaktor wirkt sich auf den Energieverbrauch der Beleuchtungsanlage aus.

3. Voraussetzungen für die Berechnung

- Wurden die Voraussetzungen für die Beleuchtungsberechnungen überprüft?
- Wurde die Größe des Arbeitsbereichs und der unmittelbaren Umgebung ermittelt?
- Wurde der Berechnungsbereich für die äußere Umgebung definiert?
- Gelten für die Raumflächen Reflexionsfaktoren?
- Wurde die mittlere Leuchtdichte in Räumen mit Bildschirmarbeit überprüft?

4. Anforderungen an Gleichmäßigkeit

- Bei der Berechnung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke, d. h. des Quotienten aus Mindest- und Mittelwert im Arbeitsbereich und unmittelbarer Umgebung und für die äußere Umgebung, ist es wichtig, dass der Abstand zwischen den Berechnungspunkten festgestellt wird. Bei normalen Arbeitsbereichen in Büros gilt ein Höchstabstand von 0,2–0,3 m zwischen den Berechnungspunkten.

5. Bedeutung des Gradienten

- Zu große Unterschiede bei den Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten im normalen Sichtfeld können zu Sichtproblemen führen. Aus diesem Grunde sind die Skalen zur Veränderung von Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten aus der Norm EN 12464-1 anzuwenden.

6. Grenzwerte für Leuchtdichten von Leuchten bei der Bildschirmarbeit

- Es ist sicherzustellen, dass die mittlere Leuchtdichte der Leuchte nicht den in 12464-1 angegebenen Grenzwert übersteigt.

7. UGR-Werte

- Prüfen, ob der mittlere Blendungswert der Anlage den in der Norm angegebenen Werten entspricht.

8. Energieeffizienz

- Werden die in der ENEV 2009, bzw. ENEV 2012 empfolenen Grenzwerte für den Energieverbrauch der Beleuchtung in den Räumlichkeiten eingehalten?

Prüfung der Beleuchtungsanlage

1. Umfang

- Was ist auszuwerten? Künstliche Beleuchtung, Notbeleuchtung, Tageslichtverhältnisse, Funktion und Steuerung, Wartungspläne, elektrische Leistung usw.

2. Voraussetzungen

- Wird eine neue Anlage geprüft – welche Voraussetzungen galten bei der Planung?
- Auswertung der vorhandenen Anlage?
- Auswertung mit oder ohne Tageslicht?
- Handelt es sich bei den ermittelten Werten um Neuwerte oder Wartungswerte?

3. Durchführung/Prüfung bei der Lichtmessung

- Beleuchtungsstärken – Mittelwert/Gleichmäßigkeit für den Arbeitsbereich, die unmittelbare Umgebung sowie niedrigste Beleuchtungsstärke in der äußeren Umgebung.
- Mittlere Leuchtdichten der Leuchten.
- Ggf. den UGR-Blendungswert berechnen.
- Leuchtdichteverhältnisse des Raums.
- Abschirmungswinkel der Leuchte.
- Farbwiedergabe und -temperatur der Leuchtmittel.
- Visuelle Auswertung und Gespräche mit den Mitarbeitern.
- Funktionsprüfung durchführen.
- Kalibrierung, Einbrenndauer und aktuelle Betriebsbedingungen vor der Lichtmessung.

Energieeffizienz in Beluchtungsanlagen

Eine Beleuchtungsanlage soll die Beleuchtungsanforderungen für einen bestimmten Raum erfüllen und muss gleichzeitig Energieeffizienz und guten Lichtkomfort bieten. Daher sind gründliche Überlegungen hinsichtlich Beleuchtungssystem, Ausrüstung, Steuerungssystem und Tageslichtnutzung erforderlich. Ein Maß für die Effizienz einer Beleuchtungsanlage ist die installierte Leistung in W/m², die zur Erfüllung der gestellten Anforderungen notwendig ist.

Außer einer geringen installierten Leistung ist der Energieverbrauch einer Anlage mit Hilfe verschiedener Steuerungssysteme einzuschränken, sodass die Beleuchtung nach Bedarf angepasst und somit so effizient wie möglich genutzt werden kann.

Außer einer geringen installierten Leistung ist der Energieverbrauch einer Anlage mit Hilfe verschiedener Steuerungssysteme einzuschränken. Die Energieeffizienz einer Beleuchtungsanlage lässt sich am besten anhand des jährlichen Energieverbrauchs feststellen. Dieses Verfahren wird in EN 15193, bzw. DIN V 18599 beschrieben, die mit der Energierichtlinie gekoppelt sind, siehe separaten Abschnitt. Exaktere Berechnungen lassen sich mit DIALux oder vergleichbaren Programmen durchführen. Hierbei lassen sich die Reduktionsfaktoren für die Steuerung je nach An-/Abwesenheit berücksichtigen – Tages- und Dauerlichtsteuerung.

Allgemeine Hinweise um einen geringen Energieverbrauch zu erzielen

Um einen geringen Energieverbrauch für Beleuchtungsanlagen zu erzielen, ist Folgendes zu beachten:

- Leuchtmittel mit optimaler Lichtausbeute für die erforderliche Farbgebung.
- Energieeffizientes Beleuchtungssystem mit Bedarfssteuerung der installierten Beleuchtungsleistung.
- Effiziente Leuchten mit geeigneter Lichtverteilung und guter Abblendung.
- Effiziente Tageslichtnutzung.
- Effiziente Nutzung von künstlichem und natürlichem Licht durch eine helle Farbgebung.
- Anpassung der Beleuchtung durch Präsenzmeldung.
- Möglichkeit der individuellen Bedarfssteuerung.
- EVG dim-Betrieb.
- Vorausschauende Wartung für eine lange Lebensdauer der Beleuchtungsanlage.

Beispiele für installierte Beleuchtungsleistungen

Anlagenart	Installierte Beleuchtungsleistung	Erforderliche Beleuchtungsstärke im Betrieb. (lx)	Anm.
Korridore	5–10 W/m²	100 lx	
Korridore	10 W/m²	200 lx	
Allgemeine öffentliche Flächen	10–12 W/m²	300 lx	
Arbeitsräume	10–12 W/m²	300 lx	*)
Arbeitsräume	10–15 W/m²	500 lx	*)
Arbeitsräume	15–30 W/m²	1000 lx	*)

**) Geforderte Beleuchtungsstärke innerhalb des Arbeitsbereichs nach geltendem Standard EN 12464-1 und den Anweisungen des Beleuchtungsplanungsleitfadens "Beleuchtung im Büro (BGI 856)". Der niedrigere Wert setzt normalerweise ein arbeitsplatzbezogenes Beleuchtungssystem voraus.*

Der Wartungsfaktor wirkt sich auf den Energieverbrauch aus

Nach der neuen Norm trägt der Planer jetzt mehr Planungsverantwortung und hat seine Wartungsvorgaben zu interpretieren. Damit ein angemessener Wartungsfaktor gewählt werden kann, kommt der Wahl von Leuchtmitteln, Leuchten und Beleuchtungssystemen eine hohe Bedeutung zu. Die Wahl von Leuchten mit Leuchtmittel T5 bieten optimale Voraussetzungen für die Erzielung eines hohen Wartungswertes.

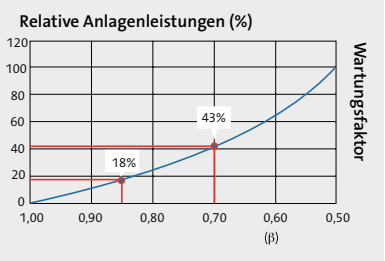


Tabelle 5.1 Hilfstabelle zur Feststellung des Wartungsfaktors

Wartungsfaktor der Beleuchtungsanlage für eine offene Leuchte mit 3-Jahres-Reinigungsintervall und einer sauberen Umgebung

Lichtstromrückgang eines Leuchtmittels nach 10 000 h	Beispiele für Leuchtmittel	Lichtstromrückgangsfaktor
≤10 %	Gerade Leuchtstofflampen mit Sperrschicht für niedrigen Lichtstromrückgang und Natriumdampf-Hochdrucklampen	0.85
10–25 %	Sonstige Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen und Quecksilberdampflampen, LED	0.80
≥ 25 %	Metallhalogenlampen	0.70

Tabelle 5.2 Teil des Wartungsfaktors, der durch den Lichtstromrückgang des Leuchtmittels bestimmt wird

Lichtstromrückgang eines Leuchtmittels nach 10 000 h	Beispiele für Leuchtmittel	Lichtstromrückgangsfaktor
≤10 %	Gerade Leuchtstofflampen mit Sperrschicht für niedrigen Lichtstromrückgang und Natriumdampf-Hochdrucklampen	0.90
10–25 %	Sonstige Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen und Quecksilberdampflampen, LED	0.85
≥ 25 %	Metallhalogenlampen	0.75

Tabelle 5.3 Teil des Wartungsfaktors, der der Leuchtenverschmutzung entspricht, unter Berücksichtigung des Leuchtentyps, der Umgebung und des Reinigungsintervalls

Anzahl Jahre zwischen Gruppenreinigungen	2.0		3.0		4.0		5.0	
Leuchtentyp	Umgebung		Umgebung		Umgebung		Umgebung	
	Sauber	Verschmutzt	Sauber	Verschmutzt	Sauber	Verschmutzt	Sauber	Verschmutzt
Offene Leuchte	0.96	0.85	0.94	0.77	0.92	0.72	0.9	0.66
Geschlossene Leuchte	0.98	0.87	0.96	0.84	0.94	0.78	0.92	0.71
Indirekte Auflichtleuchte	0.91	0.68	0.84	0.54	0.77	0.40	0.71	0.29

Zur Ermittlung eines Wartungsfaktors sind die Tabellen 5.2 und 5.3 gemeinsam zu verwenden.
Die normale Formel für den Wartungsfaktor = LLMF × LSF × LMF × RSMF (siehe Erläuterung auf der Seite für Größen, Einheiten und deren Bedeutung)

Beispiel 1
Geschl. Leuchte für Leuchtstofflampen
Saubere Umgebung
2 Jahre zwischen Gruppenreinigungen,
Wartungsfaktor = 0.90 × 0.98
Gesamt-Wartungsfaktor 0.88

Beispiel 2
Offene Leuchte für Quecksilberdampflampen
Verschmutzte Umgebung
3 Jahre zwischen Gruppenreinigungen,
Wartungsfaktor = 0,85 × 0,77
Gesamt-Wartungsfaktor 0,65

Tabelle 5.2 ist eine Anpassung von CIE 97:2005 Fassung 2 an schwedische Verhältnisse.
Bei der Verwendung anderer Faktoren ist anzugeben, wie diese ermittelt wurden.
Für exaktere Informationen zu Faktoren für Leuchten und Leuchtmittel wenden Sie sich bitte an Ihren Lieferanten.

Auswertung von Beleuchtungssystemen

Ergonomische Aspekte zur Gestaltung des Arbeitsplatzes sind für eine stimulierende Atmosphäre wichtig. Zur Beurteilung eines Raums mit einem bereits vorhandenen Beleuchtungssystem gibt es ein aussagekräftiges Verfahren, die so genannte „visuelle Auswertung". Hier wird schlicht und einfach beschrieben, was man im Raum sieht.

Der Raum, sein Beleuchtungssystem, seine Farben und sein Design werden visuell ausgewertet. Diese Faktoren beeinflussen einander und sind individuell differenziert zu beurteilen. Die Farben eines Raums dürfen nicht verfälscht werden, und die dort Beschäftigten müssen Ihrer Aufgabe ohne erschwerende Blendung und Reflexen nachkommen können.

Die visuelle Qualität des Raums ist in erheblichem Maße für die Gesundheit und das Leistungsvermögen verantwortlich. Daher ist es wichtig, sich nicht ausschließlich auf rechnergestützte Ergebnisse zu verlassen. Testen Sie dieses Verfahren und werten Sie Ihren eigenen Arbeitsplatz nach der Tabelle aus.

Stufen Sie Gegensatzpaare auf einer Skala zwischen 1 und 5 ein.

Begriff	Beschreibung	Beurteilung
Beleuchtungsniveau	– ob es hell oder dunkel im Raum oder am Arbeitsplatz ist?	dunkel – hell
Lichtverteilung	– wie das Licht verteilt ist im Raum oder am Arbeitsplatz?	gleichmäßig – unterschiedlich
Lichtfarbe	– ob die Lichtfarbe als warm oder kalt empfunden wird?	warm – kalt
Farbe	– wie werden Farben und Gegenstände erlebt?	natürlich – unnatürlich
Blendung	– ob sie vorkommt?	nicht spürbar – spürbar
Schatten	– ob sie weich oder hart sind?	weich – hart
Reflexionen	– ob sie intensiv oder diffus sind?	intensiv – diffus

Licht und Lichteinstrahlung beeinflussen nicht nur das Sehzentrum, sondern unsere gesamte Aufmerksamkeit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit. Unsere Tagesrhythmen und jahreszeitlichen Variationen sind genetisch verankert, werden jedoch in gewissem Maß durch unsere Umgebung geregelt, vor allem durch das Licht. Die Nervenbahnen der Netzhaut des Auges signalisieren den Zellen im Gehirn die Produktion des Hormons Melatonin einzustellen, das unseren Tagesrhythmus steuert. Störungen des Tagesrhythmus aufgrund von Tageslichtmangel während des Winterhalbjahrs werden als die Hauptursache für jahreszeitabhängige depressive Zustände angesehen.

Die Auswirkungen des Lichts auf den Menschen

Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass das Licht außer den bereits bekannten Zäpfchen und Stäbchen auch einen neuen, dritten Rezeptor beeinflusst. Dieser ist das bisher fehlende Bindeglied in der Erklärung, wie unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden vom Licht abhängig sind.

Der dritte Rezeptor beeinflusst verschiedene Hormone im Gehirn sowie die Produktion des Schlafhormons Melatonin, das bei niedrigem Lichtniveau oder Dunkelheit produziert wird. Bei hohen Beleuchtungsniveaus wird dagegen das Stresshormon Cortisol ausgeschüttet. 150 Jahre lang haben wir uns auf die visuellen Effekte des Lichts konzentriert. Die Entdeckung des neuen Rezeptors führt jedoch dazu, dass wir in Zukunft auch die biologischen und emotionalen Auswirkungen des Lichts auf den Menschen mit in Betracht ziehen müssen.

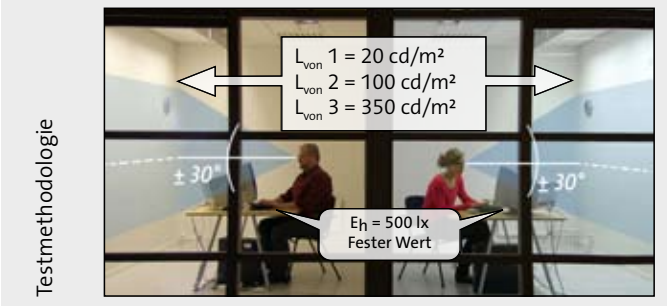
Erhöhte Anforderungen an die Beleuchtungsplanung

Um mehr darüber herauszufinden, wie das Licht in unserer Umgebung unser Wohlbefinden beeinflusst, haben Tommy Govén und Thorbjörn Laike zusammen mit dem Institut für Architektur und Gebaute Umwelt an der Universität Lund eine Anwendungsstudie zum Thema durchgeführt.

Die Studie zeigt deutlich, dass der Körper in hohem Grad vom Umgebungslicht beeinflusst wird, normalerweise ± 30° in der horizontalen Blicklinie. Die positivsten Auswirkungen im Hinblick auf Aufmerksamkeit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit des Menschen werden bei ca. 100 cd/m² an Wänden mit einer horizontalen Beleuchtungsstärke von 500 lx erzielt.

100 cd/m² sind jedoch offenbar ein optimales Niveau für das vertikale Umgebungslicht – eine Erkenntnis, angesichts des gegenwärtigen Beleuchtungsniveaus in Büros, das üblicherweise drei- bis viermal niedriger ist (20–30 cd/m²), gründlich überdacht werden sollte.

Die Studie zeigte außerdem, dass wir mit dem Umgebungslicht die Stresshormone im Körper und unsere Aufmerksamkeit in relativ kurzer Zeit beeinflussen können. Daher ist es möglich, mit einer algorithmischen Lichtregelung unsere biologische Uhr zu ändern, z. B. indem wir morgens in der dunklen Jahreszeit die Aktivität mit einem höheren Umgebungslicht steigern.

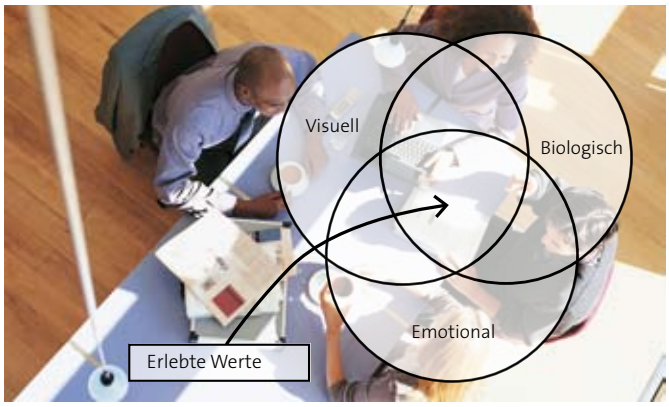


Die Studie zeigt deutlich, dass der Körper in hohem Grad vom Umgebungslicht beeinflusst wird, normalerweise ± 30° in der horizontalen Blicklinie. Die positivsten Auswirkungen im Hinblick auf Aufmerksamkeit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit des Menschen werden bei ca. 100 cd/m² an Wänden mit einer horizontalen Beleuchtungsstärke von 500 lx erzielt.

Wo kommt die Beleuchtungsplanung ins Bild?

Die Erkenntnis, dass Lichteinstrahlung auch für unser Wohlbefinden von Bedeutung ist, wird sich in Zukunft auf die Gestaltung und Beurteilung von Beleuchtung in unseren Räumen auswirken.

Vermutlich werden wir zukünftig immer stärker auf die Beleuchtung der uns umgebenden Flächen achten, aber auch Licht und Lichtfarbe immer wieder variieren. Dies ist besonders wichtig in Räumen ohne direktes Tageslicht. Im Gesundheitswesen wird Licht schon lange in der medizinischen Behandlung von Hautleiden und SAD, der saisonal abhängigen Depression, eingesetzt. Künftig wird bei der Beleuchtungsplanung auf den visuellen, biologischen und emotionalen Aspekten mehr Wert gelegt werden.



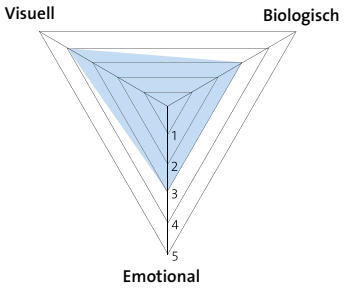
Künftig wird bei der Beleuchtungsplanung auf den visuellen, biologischen und emotionalen Aspekten mehr Wert gelegt werden.

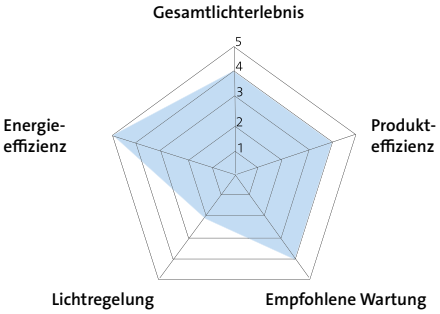
Um Beleuchtungssysteme der Zukunft entwickeln zu können, die neben einer guten Energieeffizienz auch eine hohe visuelle, biologische und emotionale Lichtqualität bieten können, investiert Fagerhult gemeinsam mit der Universität Lund und anderen internationalen Universitäten intensiv in eine Lichtforschung, bei der der Mensch im Mittelpunkt steht. Derzeit wird in folgenden Bereichen geforscht:

- Der Einfluss neuer Leuchtmittel auf Wachheit, Wohlbefinden und Leistung – Vergleich LED/ T5-Leuchtstofflampen.
- Auswertung der Mitarbeiterwahrnehmung und -verwendung verschiedener Arten moderner Steuersysteme zur effizienteren Energienutzung von Beleuchtung.
- LED-Außenbeleuchtung in Gebieten mit Mehrfamilienhäusern: Auswirkungen auf Energieverbrauch und Lichtwahrnehmung sowie empfundene Sicherheit und Zugänglichkeit.
- Entwicklung einer ganzheitlichen Methode zur Auswertung künftiger und vorhandener Beleuchtungsanlagen.
- Pickhurst Junior School – eine Studie, die bei einer Zusammenarbeit zwischen Fagerhult und der Universität Lund durchgeführt wurde und bei der die visuellen, biologischen und emotionalen Aspekte von Umgebungslicht untersucht wurden. Bei der Studie wurde auch die Beleuchtungsqualität im Verhältnis zu Steuersystemen und reduziertem Energieverbrauch berücksichtigt. Ein Abschlussbericht wird im Rahmen der 27. CIE-Versammlung im Juli 2011 präsentiert. Die Haupttendenzen zeichnen sich jedoch schon vorab ab: Ein erhöhtes Umgebungslicht wirkt sich positiv auf das Wohlbefinden der Schüler aus, und dies bei gleichzeitiger Steigerung der schulischen Leistungen. Die Studie zeigt auch, dass die Verwendung einer Lichtregelung von großer Bedeutung ist und umfangreiche Energieeinsparungen zur Folge hat. Gleichzeitig lässt sich die Beleuchtungsqualität im Klassenzimmer verbessern.

VBE- und AQ-Index

Menschlicher Index für das Lichterlebnis im Raum und Gesamtqualitätsindex der Beleuchtung





Die Parameter des VBE-Index werden in einem Dreieck angegeben. Jeder Parameter wird nach einer Bewertungsskala 1–5 eingeschätzt, bei der 3 dem Normalwert entspricht. Der VBE-Gesamtindex kann daher maximal 15 betragen. Je höher der Gesamtindex bzw. die Füllung des Dreiecks, desto besser das Gesamtlichterlebnis. Ein Beispiel: Für Arbeitsplätze – die Arbeitsfläche – haben visuelle Aspekte größte Bedeutung.

Die Kriterien für den AQ-Index werden in einem Fünfeck (Pentagon) dargestellt. Jedes Kriterium wird nach einer Skala 1–5 bewertet. Je höher der Gesamtindex bzw. die Füllung des Fünfecks, desto besser der Index der Systemlösung für den Raum. Das Lighting Concept Tool zeigt, wie sich der AQ-Index verändert, wenn Wandbeleuchtung und Lichtregelung hinzukommen.

VBE-Index

Durch die Forschung wissen wir heute, dass uns das Licht nicht nur visuell, sondern auch nichtvisuell beeinflusst. Die Beleuchtungsqualität in einem Raum wird herkömmlicherweise oft nur visuell beschrieben, indem die Beleuchtungsstärke des Arbeitsbereichs und dessen unmittelbarer Umgebung angegeben wird. Forschungsergebnisse zeigen, dass das Umgebungslicht, also die Beleuchtung von Wänden und Decken, in hohem Grad biologisch und emotional (nichtvisuell) auf uns wirkt. Das Niveau des Umgebungslichts ist von größter Bedeutung für unsere Wachheit und damit für unsere langfristige Leistungsfähigkeit.

Der VBE-Index beschreibt, wie man das Lichterlebnis in einem Raum visuell, biologisch und emotional interpretieren kann. Mit dem VBE-Index soll das subjektive Lichterlebnis beschrieben werden – hier sind alle Parameter von Bedeutung und werden je nach Raum- und Betriebstyp unterschiedlich gewichtet. Das Modell hat zum Ziel, beim Dialog zwischen Besteller und Beleuchtungsplaner als Hilfs- und Kommunikationswerkzeug zu dienen, und kann für unterschiedlichste Umgebungen, z. B. im Büro-, Restaurant- oder Pflegebereich eingesetzt werden. Auch als Basis zur Bewertung bereits vorhandener Anlagen lässt sich das Modell heranziehen.

Das Schema zur Evaluierung der Qualität von Beleuchtungslösungen im Hinblick auf den Menschen basiert auf einer subjektiven Einschätzung der visuellen, biologischen und emotionalen Aspekte, bei der das Gesamtlichterlebnis einer Beleuchtungslösung berücksichtigt wird. Die verschiedenen Komponenten werden individuell bewertet, und die Summe ergibt den VBE-Gesamtindex, indem bestimmte vordefinierte Parameter angewandt und bewertet werden. Je höher die Übereinstimmung mit den zugehörigen Parametern, desto mehr Gesamtpunkte für VBE.

AQ-Index

Wir erleben verstärkte Anforderungen an eine effiziente Nutzung der Energie, sowohl aus wirtschaftlichen, aber auch aus Umweltgründen. Der Bedarf, die Gesamtlichtqualität in einem Raum im Hinblick auf Lichterlebnis und Wirtschaftlichkeit bewerten zu können, hat zum Modell des AQ-Index geführt.

Der AQ-Index (Application Quality Index) beschreibt, wie man das Lichterlebnis mit Parametern interpretieren kann, die den Energieverbrauch und die Wirtschaftlichkeit für einen speziellen Raum angeben. Beispiele für Räume in einem Bürogebäude sind Büros und zugehörige Korridore.

Der Qualitätsindex der Beleuchtungslösung basiert auf fünf verschiedenen Parametern, die die Gesamtqualität der Beleuchtungsinstallation für einen bestimmten Raum aufzeigen sollen. Ein Parameter ist das Gesamtlichterlebnis. Die wirtschaftlichen Parameter berücksichtigen Energieverbrauch, Produkteffizienz, Lichtregelung und die empfohlene Wartung der Beleuchtung im Raum.

Die Bewertung aller Parameter basiert auf den verschiedenen Kriterien, die in Tabellenform angegeben werden. Die abschließende Darstellung im Fünfeck ist als Evaluierung der Systemlösungen im Raum anzusehen – des Raumlichterlebnisses zusammen mit dem Energieverbrauch und der Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung. Die Bewertung wird normalerweise vom Beleuchtungsplaner in der Projektierungsphase vorgenommen, kann aber auch vom Gutachter einer bereits vorhandenen Anlage durchgeführt werden.

i Aspekte des VBE-Index

Die visuellen Aspekte
umfassen die eher traditionellen Bewertungskriterien wie Sichtbarkeit des Objekts, Sehkomfort, Kontrast und Blendung über längere Zeiträume.

Die biologischen Aspekte
betreffen vor allem unsere biologische Uhr – die endokrine Hormonproduktion des Körpers und ihre Auswirkungen auf Wachheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit über den Tag sowie in den verschiedenen Jahreszeiten. Die Forschung zeigt, dass der Körper hauptsächlich vom Niveau des Umgebungslichts und dessen spektraler Zusammensetzung beeinflusst wird.

Die emotionalen Aspekte
sind die subjektivsten – wie wir im Allgemeinen das Raumlicht, die Umgebungsfarben sowie die Farbe, die Dynamik und den Komfort des Lichts über einen längeren Zeitraum erleben.

i Parameter zur Bewertung des AQ-Gesamtindex

Das Lichterlebnis
basiert auf dem VBE-Gesamtindex, d. h. einer subjektiven Bewertung der visuellen, biologischen und emotionalen Parameter im Raum.

Die Energieeffizienz
beschreibt den Energieverbrauch und wird nach dem errechneten LENI-Indikator gemäß EN 15193 bemessen. Der berechnete LENI-Index beschreibt den Energieverbrauch des Raums ausgedrückt in kWh/m² pro Jahr.

Die Produkteffizienz
– für Leuchten inklusive Leuchtmittel – wird als LLE-Index für sämtliche Leuchten im Raum angegeben. Der berechnete LLE-Wert wird in lm/W ausgedrückt.

Die Lichtregelung
beschreibt, welche Art von Regelsystem im Raum verwendet wird.

Die empfohlene Wartung
ist das vom Beleuchtungsplaner empfohlene Wartungsintervall für die Beleuchtung im Raum. Dazu gehören Reinigung, Service und Austausch von Leuchtmitteln.

Lichtmessung

Die Lichtverteilung einer Leuchte wird in mehreren C-Ebenen im Abstand von mindestens 15 Grad rund um die Leuchte herum gemessen. Die erste Messebene (C=0°) ist die Ebene quer zur Längsachse der Leuchtmittel. Die Winkel werden in mehreren Winkeln gemessen, mindestens alle 5 Grad (siehe Zeichnung).

Lichtverteilungskurve

Die Lichtverteilungskurve wird in einem Polardiagramm dargestellt und gibt die Lichtstärke der Leuchte unter verschiedenen Winkeln als Funktion des Betrachtungswinkels in einer oder zwei Ebenen an. Sie wird als durchgezogene Linie für die Lichtverteilung im rechten Winkel zur Längsachse der Leuchte (quer zur Leuchte) bzw. des Leuchtmittels und als gestrichelte Linie für die Lichtverteilung in Richtung der Längsachse dargestellt.

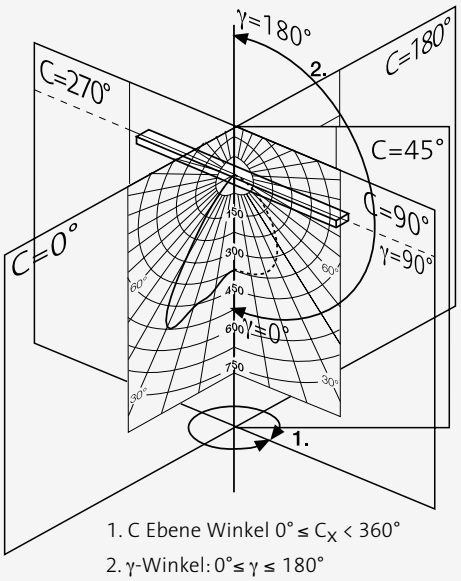
Die Werte der Lichtverteilungskurven schneiden eine Grad-Skala und sind unabhängig vom Leuchtmittel in cd/1000 lm oder cd/klm angegeben. Daher lassen sich Leuchten mit verschiedenen Leistungen meist in einem gemeinsamen Polardiagramm darstellen.

Isoluxdiagramm

Das Diagramm zeigt einen von Kurven (oder Skalen) begrenzten Bereich, innerhalb dessen die horizontale Beleuchtungsstärke den Lux-Wert der Kurve überschreitet. Die Leuchtenposition ist in der Regel im Diagramm angegeben.

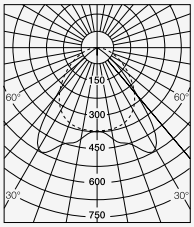
Alternativ lässt sich das Isoluxdiagramm auch als 3D-Diagramm darstellen, das sich am besten zur Veranschaulichung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsanlage eignet. In die Zeichnung des Raums können auch die Beleuchtungsstärkewerte der Berechnungspunkte eingetragen werden, und die Ergebnisse werden dann tabellarisch ausgeworfen. DIALux kann Ergebnisse in allen o. g. Formen darstellen.

i Lichtmessung

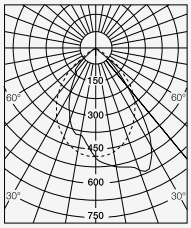


1. C Ebene Winkel $0° \leq C_X < 360°$
2. γ-Winkel: $0° \leq \gamma \leq 180°$

i Lichtverteilungskurve

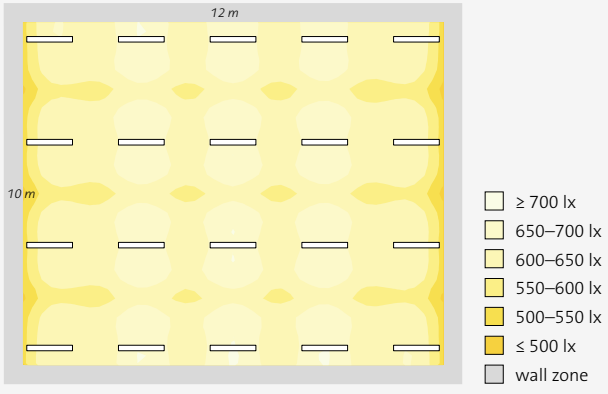


Symmetrische Lichtverteilung
Eine doppelparabolische Darklightleuchte strahlt senkrecht nach unten ca. 375 cd/klm aus.



Asymmetrische Lichtverteilung
Eine Leuchte mit einem asymmetrischen Reflektor strahlt unter einem Winkel von 25° maximal 580 cd/klm aus.

i Isoluxdiagramm



Leuchtdichteklassifizierung für Innenleuchten mit opalen Oberflächen

Um die Auswahl von Leuchten mit opalen Leuchtflächen zu erleichtern, hat Fagerhult ein Klassifizierungssystem entwickelt, das die mittlere Leuchtdichte für diesen Leuchtentyp aufführt. Unter die Klassifizierung fallen folgende Leuchten: Pendel-, Decken- und Wandleuchten sowie alle Modelle mit opalen Leuchtflächen. Die Leuchtdichteklassifizierung soll als Planungshilfe dienen, auf deren Grundlage das Erscheinungsbild sowie das Verhältnis der gewünschten Leuchte zur umgebenden Leuchtdichte eingeschätzt werden kann. Die in den Tabellen angegebenen Leuchtdichtewerte wurden rechtwinklig zur Leuchte ermittelt und stellen den Mittelwert für ihre Leuchtfläche dar. Eine Leuchtenserie kann je nach Leistung des Leuchtmittels, mit dem die Leuchte bestückt ist, in verschiedene Leuchtdichteklassen eingeordnet werden.

Tabelle Leuchtdichteklassifizierung von Innenleuchten mit Opaler Oberfläche

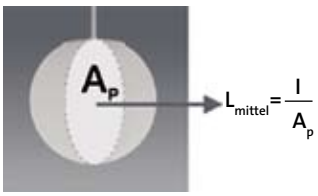
Leuchtdichte-klasse [1]	Mittlere Leuchtdichte	Zu beachten:
A	< 1000 cd/m²	Die Leuchte weist eine niedrige mittlere Leuchtdichte auf und kann in Umgebungen mit hohen Abblendanforderungen eingesetzt werden, z. B. Büroräume mit normalen Bildschirmarbeitsplätzen.
B	1000–3500 cd/m²	Die Leuchte besitzt eine relativ geringe mittlere Leuchtdichte und eignet sich für die meisten Umgebungen. Gegen einen helleren Hintergrund tritt kaum eine Blendwirkung auf.
C	3500–5000 cd/m²	Die Leuchte verfügt über eine verhältnismäßig hohe mittlere Leuchtdichte und sollte daher in hellen Umgebungen eingesetzt werden, um eine Blendwirkung zu vermeiden.
D	> 5000 cd/m²	Die Leuchte weist eine hohe mittlere Leuchtdichte auf. Eine mögliche Blendung ist wahrscheinlich, wenn die Leuchte nicht in sehr hellen Umgebungen eingesetzt wird. Daher sollte eine Verwendung in Arbeitsbereichen innerhalb des normalen Blickfelds vermieden werden.

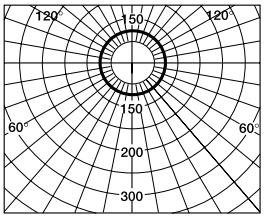
Erklärungen zur Tabelle
*[1] Wenn die Leuchtdichteverteilung der Leuchte 4:1 überschreitet, wird sie mit der Zusatzkennzeichnung * versehen – z.B. "B*". Die Leuchtdichteverteilung wird definiert als L_{max}/L_{mittel} Eine Umgebung gilt dann als hell, wenn der Mittelwert für die Hintergrundleuchtdichte 20 cd/m² innerhalb eines normalen Blickfelds (±20° über bzw. unter der horizontalen Blickrichtung) überschreitet.*

Damit die Hintergrundleuchtdichte 20 cd/m² überschreitet, muss die vertikale mittlere Beleuchtungsstärke ca. über 75 Lux an einer hellen Wand liegen. Untersuchungen haben ergeben, dass das Verhältnis zwischen der mittleren Leuchtdichte einer Leuchte und der Hintergrundleuchtdichte 40:1 nicht überschreiten sollte.

Z.B. ist für Globia die Leuchtdichteklassifizierung angegeben. Nähere Angaben entnehmen Sie den Produktinformationen.

Lichtmessung und Berechnung der in der Tabelle aufgeführten Werte.
Die mittlere Leuchtdichte der Leuchte (cd/m²) – wird auf Grundlage der lichttechnischen Leuchtendaten ermittelt.

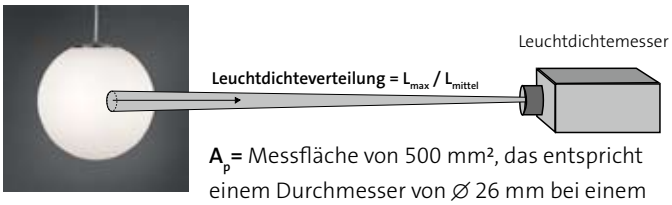




Polardiagramm cd/1000 lm

I = rechtwinklige Lichtstärke der Leuchte an der Leuchtfläche (cd).
$\mathbf{A_p}$ = projizierende Leuchtfläche der Leuchte (m^2).
$\mathbf{L_{mittel}}$ = mittlere Leuchtdichte der Leuchte (cd/m²).

Die maximale Flächenleuchtdichte der Leuchte (cd/m²) – wird per Leuchtdichtemesser bei einem Messwinkel von 1° ermittelt.



A_p = Messfläche von 500 mm², das entspricht einem Durchmesser von ∅ 26 mm bei einem Abstand von 1,5 m.